

# CIAIAC

COMISIÓN DE  
INVESTIGACIÓN  
DE **A**CCIDENTES  
E **I**NCIDENTES DE  
**A**VIACIÓN **C**IVIL

## Informe técnico IN-036/2012

Incidente ocurrido a la  
aeronave Boeing 737-800,  
matrícula EI-EKV, operada por  
Ryanair, en ascenso a FL220  
desde Madrid-Barajas (LEMD),  
el 7 de septiembre de 2012



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO



# Informe técnico

## IN-036/2012

---

**Incidente ocurrido a la aeronave Boeing 737-800,  
matrícula EI-EKV, operada por Ryanair, en ascenso  
a FL220 desde Madrid-Barajas (LEMD)  
el 7 de septiembre de 2012**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN  
DE ACCIDENTES E INCIDENTES  
DE AVIACIÓN CIVIL

Edita: Centro de Publicaciones  
Secretaría General Técnica  
Ministerio de Fomento ©

NIPO: 161-15-003-X

Diseño y maquetación: Phoenix comunicación gráfica, S. L.

---

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 63  
Fax: +34 91 463 55 35

E-mail: [ciaiac@fomento.es](mailto:ciaiac@fomento.es)  
<http://www.ciaiac.es>

C/ Fruela, 6  
28011 Madrid (España)

## **Advertencia**

El presente Informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas probables y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en el art. 5.4.1 del Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional; y según lo dispuesto en los arts. 5.5 del Reglamento (UE) n.º 996/2010, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de octubre de 2010; el art. 15 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea; y los arts. 1, 4 y 21.2 del R.D. 389/1998, esta investigación tiene carácter exclusivamente técnico y se realiza con la finalidad de prevenir futuros accidentes e incidentes de aviación mediante la formulación, si procede, de recomendaciones que eviten su repetición. No se dirige a la determinación ni al establecimiento de culpa o responsabilidad alguna, ni prejuzga la decisión que se pueda tomar en el ámbito judicial. Por consiguiente, y de acuerdo con las normas señaladas anteriormente la investigación ha sido efectuada a través de procedimientos que no necesariamente se someten a las garantías y derechos por los que deben regirse las pruebas en un proceso judicial.

Consecuentemente, el uso que se haga de este Informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.



## Índice

<b>Abreviaturas</b> .....	vii
<b>Sinopsis</b> .....	ix
<b>1. Información factual</b> .....	1
1.1. Reseña del vuelo .....	1
1.2. Información sobre el personal .....	5
1.2.1. Comandante .....	5
1.2.2. Copiloto .....	6
1.2.3. Tripulación de cabina .....	6
1.3. Información sobre la aeronave .....	7
1.3.1. Organización en la base de Madrid .....	7
1.3.2. Mantenimiento previo al incidente .....	8
1.3.3. Estado de la aeronave tras el incidente .....	9
1.3.4. Mantenimiento tras el incidente .....	10
1.3.5. Sistema de presurización de la aeronave .....	11
1.4. Información meteorológica .....	13
1.5. Ayudas para la navegación y comunicaciones .....	13
1.6. Registradores de vuelo .....	15
1.6.1. Comunicaciones sobre el sistema de presurización .....	18
1.7. Información médica y patológica .....	20
1.8. Supervivencia .....	21
1.9. Ensayos e investigaciones .....	22
1.9.1. Declaración del comandante .....	22
1.9.2. Declaración del copiloto .....	23
1.9.3. Declaración del sobrecargo, número 1 .....	24
1.9.4. Declaración del número 2 .....	25
1.9.5. Declaración del número 4 .....	26
1.9.6. Declaración del jefe de turno de noche .....	26
1.9.7. Declaración del jefe de turno de mañana .....	26
1.9.8. Indicación de altitudes de cabina inferiores a cero .....	27
1.9.9. Aspectos médicos del incidente .....	27
1.9.10. Contribución del vuelo en modo manual a los síntomas de la tripulación .....	29
1.9.11. Síndrome aerotóxico .....	30
1.10. Información adicional .....	30
1.10.1. Listas de chequeo .....	30
1.10.2. Lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING y EMERGENCY DESCENT .....	31
1.10.3. Procedimiento Land Verify Test .....	33
1.10.4. TAKEOFF CONFIG WARNING y CABIN ALTITUDE WARNING .....	33
1.10.5. Acciones de Ryanair tras el incidente .....	34
<b>2. Análisis</b> .....	35
2.1. Estado de la aeronave antes del vuelo .....	35

2.2.	El vuelo hasta la declaración de emergencia .....	36
2.3.	La emergencia .....	37
2.4.	La gestión de la emergencia .....	39
2.4.1.	Aplicación de la lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING .....	40
2.5.	La gestión del resto del vuelo .....	42
<b>3.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>45</b>
3.1.	Constataciones .....	45
3.2.	Causas/Factores contribuyentes .....	46
<b>4.</b>	<b>Recomendaciones de seguridad operacional</b> .....	<b>49</b>

## Abreviaturas

00°	Grado(s)
00 °C	Grado(s) centígrado(s)
ATC	Control de tráfico aéreo
ATPL(A)	Licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión («Airline Transport Pilot License (Aircraft)»)
BITE	Equipo de prueba integrado («Built-In Test Equipment»)
CIMA	Centro de Instrucción de Medicina Aeroespacial
CGA	Centro de Gestión Aeroportuaría
CO	Monóxido de carbono
CPC	Controlador de presión de cabina («Cabin Pressure Controller»)
CPL(A)	Licencia de piloto comercial de avión
CVR	Registrador de voces en cabina («Cockpit Voice Recorder»)
EASA	Agencia Europea de Seguridad Aérea («European Aviation Safety Agency»)
F/O	Copiloto («First officer»)
FDR	Registrador de datos de vuelo («Flight Data Recorder»)
FL	Nivel de vuelo («Flight Level»)
FMS	Sistema de gestión de vuelo («Flight Management System»)
fpm	Pies por minuto
ft	Pie(s)
h	Hora(s)
HIL	Lista de diferidos («Hold Item List»)
Hz	Hertzio(s)
ILS	Sistema de aproximación instrumental («Instrumental Landing System»)
ISO	Organización Internacional de Normalización («International Organization for Standardization»)
km	Kilómetro(s)
kt	Nudo(s)
m	Metro(s)
m/s	Metro(s) por segundo
MAYDAY	Llamada de emergencia o auxilio en radiofrecuencia
METAR	Informe de observación meteorológica del aeródromo
MHz	Megahertzio(s)
MSDV	«Motion sickness dosage value»
MTOW	Peso máximo al despegue («Maximum Takeoff Weight»)
NGS	Sistema generador de nitrógeno («Nitrogen Generator System»)
NITS	«Nature, Intentions, Time, Specific»
NM	Milla(s) náutica(s)
P/N	Número de parte
PIOSEE	Problema, identificación, opciones, selección, ejecución, evaluación («Problem, Information, Options, Select, Execute, Evaluate»)
psi	Libra(s) por pulgada cuadrada
QAR	Registrador de acceso rápido
QRH	Manual de guía rápida
RVSM	Separación vertical mínima
S/N	Número de serie
slfpm	Pies por minuto al nivel del mar
SMA	Servicios Médicos del Aeropuerto
SSEI	Servicio de salvamento y extinción de incendios
TCP	Tripulante de Cabina de Pasajeros
UTC	Tiempo universal coordinado («Universal Time Coordinated»)



## Sinopsis

Propietario y operador:	Ryanair
Aeronave:	Boeing 737-800, matrícula EI-EKV
Fecha y hora del incidente:	Viernes 7 de septiembre de 2012; 07:43 hora local <sup>1</sup>
Lugar del incidente:	En ascenso a FL220 desde Madrid-Barajas (LEMD)
Personas a bordo:	6 tripulantes, ilesos; 160 pasajeros, ilesos
Tipo de vuelo:	Transporte aéreo comercial – Regular – Interior – Pasajeros
Fase de vuelo:	En ruta-ascenso a nivel de crucero
Fecha de aprobación:	24 de junio de 2015

### Resumen del incidente

El viernes 7 de septiembre de 2012, la aeronave EI-EKV, Boeing 737-800, operada por Ryanair con destino Las Palmas de Gran Canaria (España) y 166 personas a bordo, regresó en emergencia al aeropuerto de Madrid-Barajas (España), del que había despegado, por lo que la tripulación identificó como un problema de presurización.

A las 07:43 hora local, en ascenso a FL220, sin haberse producido ningún contacto entre ambas cabinas, el sobrecargo contactó con el comandante y le informó sobre el malestar físico que sentía la tripulación de cabina. Esta llamada confirmó la sensación que él también tenía. Tras la llamada del sobrecargo el comandante decidió declarar emergencia, detener el ascenso, iniciar el procedimiento de CABIN ALTITUDE WARNING, a pesar de que este aviso no se había activado, y regresar al aeropuerto de Madrid-Barajas. Como consecuencia de la ejecución de la lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING la válvula outflow permaneció cerrada hasta el final del vuelo provocando la posterior sobrepresurización y despresurización de la cabina.

La investigación ha determinado que el sistema de presurización de la aeronave EI-EKV funcionó correctamente durante el vuelo del incidente. En el momento del incidente, la altitud de cabina era de 3.774 ft.

La investigación no ha podido determinar la causa de los síntomas reportados por varios miembros de la tripulación. Las hipótesis que se han valorado como posibles han sido la hipoxia por intoxicación, el mareo por movimiento, la sugestión entre miembros de la tripulación o una combinación de estas dos últimas.

---

<sup>1</sup> La referencia horaria utilizada es la hora local, que coincide con la hora UTC.

Como posibles factores contribuyentes en el incidente y en la gestión de la emergencia se consideran:

- La sospecha de mal funcionamiento, por parte de la tripulación, de la aeronave que había dado continuos problemas desde el despegue y, en concreto, en el correcto funcionamiento del aviso acústico del CABIN ALTITUDE WARNING que no había funcionado antes del vuelo, y
- La posible confusión en la ejecución de la lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING or Rapid Depressurization por:
  - Incluir una opción a tomar entre dos como parte de los memory ítems (ítem 5),
  - Presentar la segunda opción (ítem 6) en una página distinta, y
  - Contener una finalización de lista de chequeo y redirección a otra como parte de los memory ítems.

El informe no contiene ninguna recomendación sobre seguridad operacional.

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Reseña del vuelo

El viernes, 7 de septiembre de 2012, la aeronave EI-EKV, Boeing 737-800, operada por Ryanair con destino Las Palmas de Gran Canaria (España) y 166 personas a bordo, regresó en emergencia al aeropuerto de Madrid-Barajas (España), del que había despegado, por lo que la tripulación identificó como un problema de presurización.

La aeronave había llegado al aeropuerto de Madrid-Barajas el día anterior a las 22:37 h procedente de Stansted (Reino Unido). A la llegada, el comandante había comentado verbalmente al jefe de turno de mantenimiento que la aeronave había hecho un movimiento extraño durante el vuelo, que había desconectado el piloto automático y que, después de volver a conectarlo, no se había repetido el problema.

Como consecuencia de este comentario, el jefe de turno<sup>2</sup> realizó el Land Verify Test, uno de los chequeos del sistema digital de control de vuelo<sup>3</sup>. La realización de este chequeo dejó la aeronave con un disyuntor (LANDING GEAR AURAL WARNING CIRCUIT BREAKER) y un interruptor (AUTOPILOT STAB TRIM SWITCH) en incorrecta posición. Después, otro mecánico realizó la inspección RAMP 1<sup>4</sup> a la aeronave y se hizo la limpieza de la cabina de pasaje. Estas actuaciones en la aeronave se realizaron esa misma noche, alrededor de las 23:00 h del día 6 de septiembre de 2012. Después, la aeronave se cerró.

A las 06:41 h del día 7 de septiembre de 2012, se inició la grabación del vuelo del incidente en el CVR. En las primeras conversaciones se pudo escuchar la solicitud del comandante de un mecánico para el cambio de peso<sup>5</sup> y para solucionar un problema con el TAKE OFF WARNING SYSTEM. Dos minutos después, a las 06:43 h, se inició el embarque del pasaje. A las 07:07 h llegó el mecánico a la aeronave que, un minuto más tarde, recibió una llamada del jefe de turno de día. En esa llamada le explicó que estaba en el avión haciendo un cambio de peso pero que, además, el avión tenía un problema porque cuando adelantaban las palancas de empuje, se iluminaba el aviso TAKEOFF CONFIG, que no sabía por qué y que fuera a ayudarle<sup>6</sup>.

A las 07:13 h llegó el jefe de turno de día y detectó el disyuntor saltado (LANDING GEAR AURAL WARNING CIRCUIT BREAKER) que reseteó. Tras su modificación, la tripulación realizó la prueba del TAKE OFF WARNING SYSTEM de forma satisfactoria, por lo que el jefe de turno se fue y la tripulación continuó con la preparación del vuelo.

---

<sup>2</sup> Licencia EASA B1.

<sup>3</sup> Esta prueba no quedó anotada en la documentación de la aeronave. Se tuvo constancia de ella porque quedó grabada en el CVR (Registrador de voces de cabina, «Cockpit Voice Recorder»).

<sup>4</sup> Inspección de mantenimiento a realizar a intervalos no mayores de 48 horas. Véase apartado 1.3.1 y nota 17.

<sup>5</sup> Véase nota 22.

<sup>6</sup> Sólo los mecánicos con licencia B1 o B2 están autorizados para realizar pruebas de fallos del sistema del Take Off Config Warning.

A las 07:17 h se inició la grabación del FDR (registrador de datos de vuelo, Flight Data Recorder). A las 07:17:45 h y 07:18:34 h se arrancaron los motores 2 y 1, respectivamente. A las 07:31:27 h recibieron autorización para el despegue por la pista 36L. La presión en la cabina era de 13,8 psi, lo que equivale<sup>7</sup> a 1.731 ft, la altitud de Madrid-Barajas.

El piloto a los mandos era el comandante. El despegue se produjo a las 07:32:37 h y a las 07:33:16 h se iluminó el aviso de SPEED TRIM FAIL<sup>8</sup> y se activó el MASTER CAUTION<sup>9</sup> durante 8 segundos hasta su desactivación por la tripulación.

A las 07:34:30 h volvió a activarse el MASTER CAUTION durante 5 segundos. La tripulación comentó que era el mismo y que el compensador estaba mal. Tres minutos más tarde recibieron autorización para FL240 y volvió a activarse el MASTER CAUTION por un segundo. A las 07:38:34 h iniciaron la lista de chequeo SPEED TRIM FAIL que les indicaba continuar con la operación normal<sup>10</sup>.

A las 07:38:40 h, con la aeronave a 15.229 ft, el comandante solicitó conectar el piloto automático y el copiloto le informó que no se conectaba. Iniciaron la lista de chequeo AUTOPILOT DISENGAGE que les indicaba volver a intentar la conexión o volar manualmente<sup>11</sup>. El control de la aeronave pasó al copiloto y en los dos minutos siguientes no se escucharon conversaciones en la cabina ya que el comandante, según su declaración, se levantó a revisar el panel de disyuntores del sistema de piloto automático para intentar solucionar el problema. A las 07:42:39 h se produjo una llamada del sobrecargo a la que respondió el comandante. En esta llamada, el sobrecargo le informó que no se encontraban bien, que tenían una sensación rara y preguntaron si la presurización estaba bien.

La conversación con el sobrecargo duró 21 segundos y a las 07:43:04 h se oyó al comandante decir al copiloto «Stop the altitude», mensaje que repitió el copiloto. Tomó de nuevo los controles de la aeronave y a las 07:43:15 h el comandante declaró emergencia utilizando tres veces el término MAYDAY y solicitó descender. La aeronave alcanzaba la máxima altitud del vuelo, 21.868 ft. A partir de aquí se inició un descenso continuado hasta los 4.200 ft que alcanzarían 10 minutos más tarde, a las 07:53:03. La presión de cabina en el momento de la declaración de emergencia era 12,8 psi, equivalente a 3.774 ft.

A las 07:43:20 h se oyó la activación de las máscaras de oxígeno. Seguidamente se desplegaron las máscaras de oxígeno al pasaje. Una vez con las máscaras puestas, el

---

<sup>7</sup> Equivalencia en atmósfera estándar.

<sup>8</sup> Este aviso no se graba en el FDR. La información se obtuvo por la tripulación según la cual este aviso se estuvo activando durante todo el vuelo. Este aviso va asociado con la activación del MASTER CAUTION.

<sup>9</sup> Este aviso quedó grabado en el FDR. Es un aviso luminoso que no tiene asociado aviso acústico.

<sup>10</sup> Non normal checklist SPEED TRIM FAIL: Condition: the speed trim system failed. 1 Continue normal operation.

<sup>11</sup> Non-normal checklist AUTOPILOT DISENGAGE. Condition: all autopilots are disengaged. The red light flashes and the aural tone sounds. 1 Fly the airplane manually or re-engage an autopilot.

comandante repitió de nuevo la declaración de emergencia y la solicitud de descenso a FL100. A partir de la declaración de la emergencia, la gestión de la misma se compaginó con continuas conversaciones con ATC para coordinar el descenso, el regreso a Madrid y la realización de maniobras de espera que la tripulación solicitó reiteradamente para configurar la aeronave antes de la toma.

A las 07:43:59 h se volvió a activar el MASTER CAUTION durante 14 segundos.

A las 07:44:16 h se inició del cerrado de la válvula outflow<sup>12</sup>, como consecuencia de la aplicación de una lista de chequeo. Tres segundos más tarde, a las 07:44:19 h, la válvula outflow se cerró por completo y la presión en cabina empezó a aumentar hasta el final del vuelo.

A las 07:44:56 h se volvió a activar el MASTER CAUTION durante 4 segundos.

A las 07:49:23 h se escuchó la finalización de la lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING y el inicio de la lista de chequeo EMERGENCY DESCENT. A las 07:50:52 h, el comandante sugirió quitarse las máscaras de oxígeno por estar «por debajo de 10.000 ft» (la presión en cabina era 20,4 psi).

A las 07:53:03 h completaron la lista de chequeo EMERGENCY DESCENT. El comandante pasó el control de la aeronave al copiloto y llamó al sobrecargo para realizar el briefing NITS<sup>13</sup> con la tripulación de cabina, a la que informó que volvían a Madrid. El comandante hizo un anuncio al pasaje. La aeronave estaba establecida en 4.200 ft y 220 kt.

A las 07:54:30 h se volvió a activar el MASTER CAUTION durante 5 segundos y se escuchó a la tripulación comentar que era el mismo fallo.

A las 07:56:05 h se produjo otra activación del MASTER CAUTION durante 18 segundos.

A las 07:57:50 h se activó el MASTER CAUTION durante 68 segundos en los cuales el comandante estuvo preparando la aproximación a la pista 33L, seleccionando la maniobra en el FMS («Flight Management System») y la frecuencia del ILS correspondiente y realizando el briefing de aproximación frustrada, mientras el copiloto seguía como piloto a los mandos. El comandante mencionó el MASTER CAUTION y su relación con el oxígeno del pasaje.

A las 07:59:30 h se volvió a activar el MASTER CAUTION durante otros 41 segundos.

---

<sup>12</sup> Ver apartado 1.3.6.

<sup>13</sup> NITS (nature, intentions, time, specifics). Se le informa a la tripulación de cabina sobre la naturaleza de la emergencia, el destino al que se dirigen, el tiempo estimado y cualquier instrucción especial de cara a la cabina de pasaje (evacuación prevista, etc.).

A las 08:00:30 h el comandante acordó con el copiloto que cogería los mandos cuando estuviesen establecidos (en el ILS). A las 08:01:10 h, 08:02:51 h y 08:04:34 h se volvieron a activar los avisos de MASTER CAUTION durante 5, 5 y 3 segundos, respectivamente, seguido del comentario del comandante de que se trataba del mismo aviso. A las 08:04:14 h la aeronave iniciaba el descenso desde los 4.200 ft en los que había estado establecido durante 11 minutos. Confirmó a ATC la no necesidad de asistencia en el aterrizaje.

A las 08:05:47 h el comandante confirmó la captura del localizador y 7 segundos más tarde les autorizaron a aterrizar a la pista 33L. A las 08:06:11 h habían capturado la senda y el control de la aeronave pasó al comandante. Finalizaron la lista de aterrizaje a las 08:07:17 h y 20 segundos más tarde se volvió a activar el MASTER CAUTION otros 4 segundos.

A las 08:08:37 h se produjo la toma de contacto con la pista. La válvula outflow seguía cerrada y en cabina había una presión de 22,36 psi. Volvió a activarse el MASTER CAUTION otros 3 segundos. El comandante informó a ATC que la pista estaba libre y se volvió a activar el MASTER CAUTION otros 2 segundos. Este fue el último de los 20 avisos de MASTER CAUTION que se habían producido durante el vuelo. La aeronave estaba en rodaje hacia el puesto de estacionamiento 34 y el copiloto, a petición del comandante, llamó a operaciones de su compañía para informar de la emergencia y de la necesidad de un mecánico y escaleras para los pasajeros.

A las 08:14:11 h, todavía en rodaje, la presión de cabina era de 22,59 psi. El comandante se quejó del oído y dos segundos después, a las 08:14:29 h, se produjo el apagado de los dos packs de aire acondicionado.

A las 08:14:48 h se inició la apertura de la válvula outflow muy lentamente. La presión de cabina empezó a disminuir y a las 08:15:49 h se escuchó un sonido similar al de un globo al desinflarse.

La aeronave se detuvo a las 08:15:53 h y a las 08:16:09 h la presión interior de la aeronave se había igualado a la exterior. Un minuto después se produjo la apertura de la puerta delantera izquierda y la trasera izquierda.

El aeropuerto había activado alarma local y cuando la aeronave tomó el servicio de salvamento y extinción de incendios estaba esperando a la aeronave. No hubo evacuación de emergencia y el desembarco del pasaje se produjo normalmente. De los 160 pasajeros, 4 fueron atendidos en el avión por el servicio médico del aeropuerto y 2 de ellos fueron trasladados al Hospital Ramón y Cajal, donde fueron dados de alta. Las patologías que presentaban estuvieron relacionadas con barotraumatismos del oído medio y ansiedad.

En ningún momento del vuelo, la tripulación reportó haber notado humo, olor o irritación en los ojos o garganta.

## 1.2. Información sobre el personal

### 1.2.1. Comandante

El comandante, de nacionalidad belga y 36 años de edad, contaba con una licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión (ATPL)<sup>14</sup> y un certificado médico válidos y en vigor en el momento del incidente. Poseía las habilitaciones para Boeing 737 series 300-900 y para vuelo instrumental. Entre el 27 de abril y el 10 de mayo de 2012 había revalidado su habilitación de aeronaves multipiloto y vuelo instrumental<sup>15</sup>, el entrenamiento en línea<sup>16</sup> y el simulador del programa de entrenamiento recurrente trianual.

Llevaba volando 8 años en líneas aéreas. Acumulaba 5.111 h totales y 3.600 h en el tipo. Había entrado a trabajar para el operador hacía 5 años (1 de mayo de 2007). Su base de operación era Bérgamo (Italia). El día 4 de septiembre, tres días antes del incidente, el comandante había sido posicionado en Madrid para operar desde allí por unos días. En Madrid estaba alojado en un hotel cercano al aeropuerto.

Los tres meses previos al incidente había acumulado 355 h de actividad (de las cuales 259 habían sido de vuelo) y 50 días de descanso. En estos tres meses sólo había volado a Madrid un día, el 5 de junio de 2012. Se posicionó en Madrid el día 4 y había estado en un hotel cercano al aeropuerto. Desde el día 5 hasta el día 7 (incidente) había tenido la siguiente actividad:

Día	Origen*		Destino		Actividad
5 sept	Madrid	06:30	Stansted	08:58	Vuelo: 04:43 Actividad: 05:59
	Stansted	09:29	Madrid	11:44	
6 sept	Madrid	06:25	Roma-Ciampino	08:47	Vuelo: 04:40 Actividad: 06:06
	Roma-Ciampino	09:28	Madrid	11:46	
7 sept	Madrid	07:10	Gran Canaria		—

\* La referencia horaria utilizada es la hora local de despegue y aterrizaje.

El día anterior al incidente había estado libre casi todo el día (el último vuelo había aterrizado a las 11:46 h) y había practicado bicicleta en el hotel. El comandante consideraba que había descansado y dormido bien. El desayuno lo había hecho en el hotel y no había tomado nada ni en la oficina ni en el avión.

<sup>14</sup> Emitida por la autoridad aeronáutica de Irlanda.

<sup>15</sup> «Multi-pilot aeroplane type rating (including Instrument rating)».

<sup>16</sup> «Line Check».

El día del incidente no tenía prisa por iniciar la operación y confirmó que había tenido suficiente tiempo para realizar las actividades previas al vuelo. Ese día tenían programados sólo dos vuelos: Madrid-Gran Canaria (el vuelo del incidente) y Gran Canaria-Madrid.

### 1.2.2. Copiloto

El copiloto tenía 21 años y era de Reino Unido. Contaba con una licencia de piloto comercial de avión (CPL)<sup>17</sup> desde abril de 2012 y un certificado médico válidos y en vigor en el momento del incidente. Poseía la habilitación para Boeing 737 series 300-900. En marzo de 2012 había obtenido la habilitación para aeronaves multipiloto y en julio de 2012 había completado el entrenamiento en línea del operador.

Llevaba trabajando para el operador 9 meses (1 de enero de 2012) y acumulaba un total de 542 h y 345 h en el tipo.

Los tres meses previos al incidente había acumulado 305 h de actividad (de las cuales 240 habían sido de vuelo) y 51 días de descanso. Desde el 17 de agosto tenía asignada Madrid como su base. Desde el viernes 31 de agosto hasta el lunes 3 de septiembre había estado de descanso y el martes 4 de septiembre volvió a volar:

Día	Origen*		Destino		Actividad
4 sept	Madrid	06:23	Malta	08:50	Vuelo: 05:11
	Malta	09:30	Madrid	12:14	Actividad: 06:34
6 sept	Madrid	07:10	Gran Canaria	10:10	Vuelo: 05:53
	Gran Canaria	09:45	Madrid	13:38	Actividad: 07:13
7 sept	Madrid	07:10	Gran Canaria		—

\* La referencia horaria utilizada es la hora local de despegue y aterrizaje.

El día anterior había tenido toda la tarde libre y consideraba que había descansado muy bien. El día del incidente desayunó en casa y tomó un café en la oficina antes del vuelo. En el avión no tomó nada.

### 1.2.3. Tripulación de cabina

El sobrecargo número 1 llevaba trabajando desde marzo de 2009 para el operador. Tenía 33 años y era de nacionalidad polaca. En octubre de 2011 había pasado la verificación en línea de la compañía.

---

<sup>17</sup> Emitida por la autoridad aeronáutica de Irlanda.

El tripulante de cabina número 2 llevaba trabajando para el operador desde agosto de 2007. En abril de 2012 había pasado la verificación en línea de la compañía. Era de nacionalidad española.

El tripulante de cabina número 3 llevaba trabajando para el operador desde febrero de 2009 y en octubre de 2011 había pasado la verificación en línea del operador.

El tripulante de cabina número 4 llevaba desde agosto de 2009 en la compañía y era de nacionalidad húngara. Había pasado en mayo de 2012 su última verificación en línea del operador.

### 1.3. Información sobre la aeronave

La aeronave EI-EKV, modelo Boeing 737-8AS, S/N 38507 y dos motores CFM56-7B, había sido fabricada y entregada a Ryanair el 18 de marzo de 2010. Acumulaba 7.658 h de vuelo totales y 4.484 ciclos desde entonces. La última revisión A había sido realizada el 30 de agosto de 2012.

#### 1.3.1. Organización en la base de Madrid

La aeronave EI-EKV, Boeing 737-800, estaba operada y mantenida por Ryanair.

El mantenimiento de las aeronaves de Ryanair en la base de Madrid hasta el 31 de agosto de 2012 había sido realizado por otro operador. El día 1 de septiembre de 2012, una semana antes del incidente, Ryanair se hizo cargo del mantenimiento y parte de la plantilla de mantenimiento, que antes trabajaban para el anterior operador, pasaron a trabajar para Ryanair. Las tareas de mantenimiento que podían hacerse en esta base eran Transit check, RAMP 1, RAMP 2 y 50 CF<sup>18</sup>. Para el resto del mantenimiento planificado, el operador enviaba las aeronaves a otras bases con mayores capacidades.

Debido a este cambio de mantenedor en la base de Madrid, Ryanair desplazó un jefe de turno con licencia EASA B1 desde Irlanda para supervisar y ayudar en la organización de la base. La base tenía dos turnos de 12 horas organizados de 19:00 a 07:00. En el turno de noche solía haber entre 6-7 mecánicos y en el de día 2-3 mecánicos.

La noche del 6 al 7 de septiembre de 2012 había 7 mecánicos en la base de Madrid: 2 mecánicos B1 (uno de los cuales era el jefe de turno)<sup>19</sup>, 3 mecánicos A y 2 mecánicos.

---

<sup>18</sup> De acuerdo con el programa aprobado de mantenimiento, el operador tenía definido:

- «Transit Check» («Preflight Check»): se hace antes de cada vuelo. Este chequeo es básicamente un «walk-around» y puede hacerse por mantenimiento o por los pilotos.
- RAMP 1: es más completa que el «transit check» y debe realizarse por personal de mantenimiento a intervalos no mayores de 48 h.
- 50FC: revisión de 50 ciclos.
- RAMP 2: revisión a realizar cada 330 h de vuelo, 300 ciclos o 45 días.

<sup>19</sup> Que había llegado a las 19:00 h antes de Irlanda, había ido a su hotel cerca del aeropuerto y había empezado su turno esa misma noche.

En el turno de día del 7 de septiembre había 2 mecánicos B1 y 1 mecánico. La rutina en las bases consistía en que a las 04:00 h todas las tareas de mantenimiento de las aeronaves estuviesen ya realizadas y, después, una vez en la oficina, los mecánicos anotaban e introducían la información de mantenimiento en un sistema informático del operador denominado AMOS.

### 1.3.2. *Mantenimiento previo al incidente*

El 4 de septiembre de 2012, tres días antes del incidente, una tripulación reportó que en el aterrizaje se encendieron las luces de AUTOFAIL y ALTN<sup>20</sup>. Mantenimiento realizó un test BITE<sup>21</sup> y un test de comprobación de los CPC (controladores de la presión de cabina, Cabin Pressure Controller) 1 y 2 sin encontrar ningún fallo.

El día anterior al incidente, la aeronave EI-EKV realizó 8 vuelos con dos tripulaciones distintas. Ninguna de ellas dejó constancia por escrito de ningún defecto en los partes de vuelo. El último salto había sido Stansted-Madrid y la hora de llegada a Madrid fueron las 22:37. El comandante de ese vuelo, verbalmente, informó a uno de los mecánicos (el jefe de turno) que había notado un movimiento lateral extraño en la aeronave, que había desconectado el piloto automático a 21.000 ft y que, tras volver a conectarlo, no se había repetido el problema<sup>22</sup>. Debido a esta conversación, de la que no quedó registro, el mecánico realizó el Land Verify Test<sup>23</sup> del que tampoco dejó constancia por escrito, pero que se pudo escuchar en el CVR. Esta prueba, según la declaración del mecánico, se realizó sobre las 23:00, es decir, inmediatamente después del vuelo y en ella estaban el jefe de turno y otro mecánico.

Tras hacer el Land Verify Test el jefe de turno se fue y el otro mecánico realizó la inspección RAMP 1. La RAMP 1 quedó anotada en el parte de vuelo con hora de las 05:00 h de la madrugada del 7 de septiembre. El mecánico que realizó esta inspección declaró que cuando se fue de la aeronave estaba trabajando en la cabina de pasaje la empresa de limpieza.

A las 06:41 h la tripulación ya estaba en la aeronave e iniciaba la preparación del vuelo. El comandante requirió un técnico de mantenimiento para cambiar el peso<sup>24</sup> y para

---

<sup>20</sup> Estas dos luces pertenecen al sistema de presurización y están en el panel sobre-cabeza (véase apartado 1.3.5, figura 3). La iluminación de estas dos luces indica que se ha producido el fallo de uno de los controladores CPC («cabin pressure controller») y que, automáticamente, se ha transferido al modo de funcionamiento ALTN (alternativo). Esta situación no afecta a la presurización y el sistema sigue realizando automáticamente la presurización de la aeronave.

<sup>21</sup> «BITE test: built in test equipment test».

<sup>22</sup> El operador notificó a Boeing este suceso. Boeing revisó los datos del vuelo y concluyó que la causa probable del movimiento extraño de la aeronave fue una perturbación externa (atmosférica o estela).

<sup>23</sup> AMM 22-11-00-740-801. El Land Verify Test comprueba la unión entre el DFCS («Digital Flight Control System») y sus unidades LRU («Line Replacement Units»). Véase apartado 1.10.3.

<sup>24</sup> De acuerdo con el SB737-11-1077 de Boeing, Ryanair ajusta el MTOW (Peso máximo al despegue) entre tres opciones antes de cada vuelo y necesita la firma de un mecánico certificador.

solucionar el problema del aviso del TAKEOFF CONFIG<sup>25</sup>. El mecánico que atendió la incidencia no fue el mismo que había estado en la aeronave esa noche, ya que el turno acababa de cambiar a las 07:00 de la mañana. El mecánico que llegó a la aeronave era nuevo y solicitó ayuda a al jefe de turno. A las 07:14 h, el segundo mecánico inmediatamente identificó que el disyuntor del aviso acústico del tren (LANDING GEAR AURAL WARNING CIRCUIT BREAKER)<sup>26</sup> estaba sacado («es que el breaker del aural está cerrado»). Tras solucionarlo, la tripulación continuó con la preparación del vuelo y no se realizó ninguna acción más de mantenimiento.

La lista de diferidos<sup>27</sup> (HIL, «Hold ítem list») no contenía ningún elemento que afectara al sistema de presurización de la aeronave.

### 1.3.3. Estado de la aeronave tras el incidente

Tras el incidente la aeronave se encontró con la siguiente configuración (figuras 1 y 2):

- Selector del sistema de control de la presurización en MAN.
- FLT ALT: 37.000.
- LAND ALT: 2.000.
- AUTOPILOT STAB TRIM SWITCH en posición CUT-OUT<sup>28</sup>.
- El selector de oxígeno al pasaje estaba actuado («Pass Oxygen»).
- Las máscaras de oxígeno de tripulación y cabina estaban saltadas.

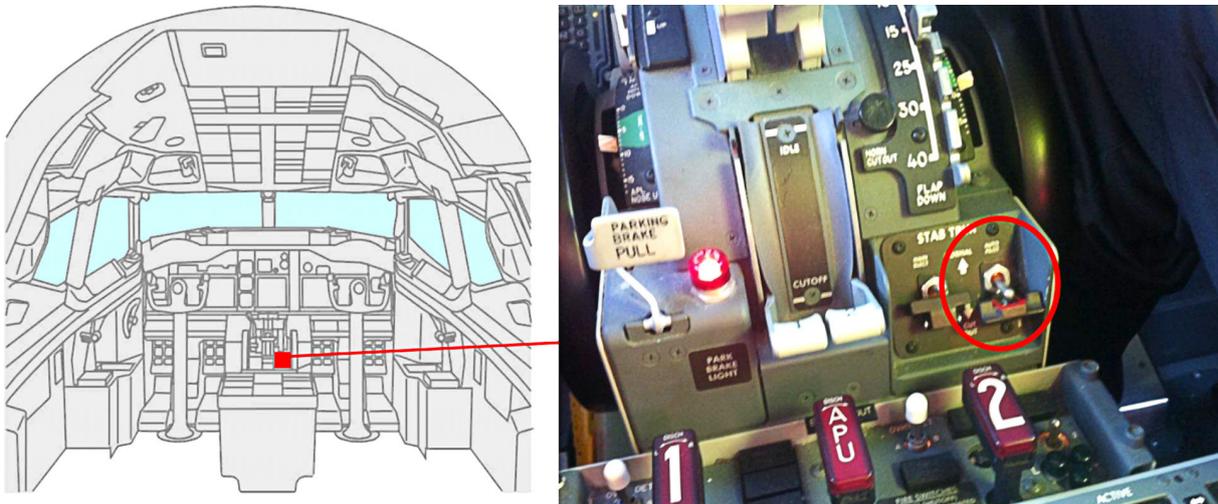


Figura 1. AUTOPILOT STAB TRIM switch en CUT-OUT

<sup>25</sup> El TAKEOFF CONFIGURATION WARNING LIGHT se ilumina en rojo en tierra cuando se avanza la palanca de gases y el avión no está correctamente configurado para el despegue.

<sup>26</sup> Este disyuntor está situado en el panel eléctrico del F/O, detrás de los asientos de la tripulación.

<sup>27</sup> La lista de diferidos es una lista en la que se registran los componentes averiados.

<sup>28</sup> Esta posición del interruptor es una de las situaciones que impide la conexión del piloto automático.

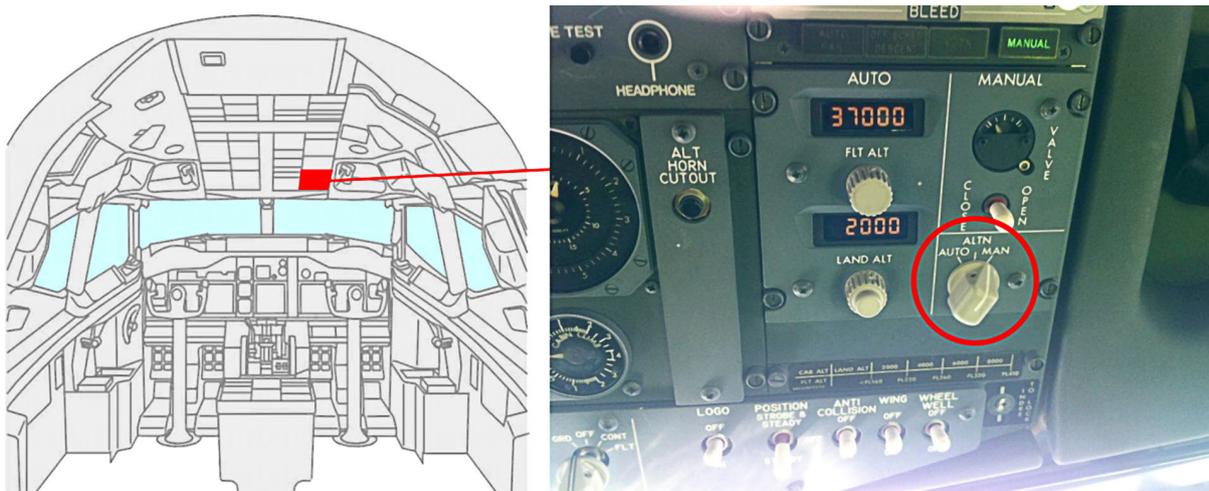


Figura 2. Selector del modo de presurización en MAN

#### 1.3.4. Mantenimiento tras el incidente

Respecto al piloto automático:

- El STAB TRIM AUTOPILOT SWITCH fue colocado en su posición correcta y se realizó un test al sistema de piloto automático. No se encontró ninguna anomalía.
- Se interrogaron los dos computadores de control de vuelo y la información se preservó.

Respecto a las máscaras de oxígeno:

- Las máscaras de oxígeno de la tripulación y de la cabina de pasaje fueron limpiadas y colocadas.
- Los generadores de oxígeno se reemplazaron.

Respecto a los registradores de vuelo:

- Los registradores de vuelo FDR («Flight Data Recorder») y CVR («Cockpit Voice Recorder») fueron desmontados de la aeronave y se instalaron unos nuevos.
- La información del QAR («Quick Access Recorder») fue descargada.

Respecto al sistema de presurización:

- Se comprobó el funcionamiento de los packs del sistema de aire acondicionado con resultado satisfactorio.
- Se comprobó el sistema neumático de ambos motores.

- Se realizó un BITE (built in test equipment) test a los CPC (cabin pressure controller) 1 y CPC 2 con resultado satisfactorio.
- Se hizo un chequeo en tierra del sistema de presurización con resultado satisfactorio.
- Se realizó un test del modo manual del sistema de presurización con resultado satisfactorio.
- Se reemplazaron el CPC1 y el CPC2 como medida preventiva.
- Se descargaron los datos de las memorias del CPC 1 y CPC 2.
- Se realizó un test de operatividad del sistema de aviso de altitud de cabina (CABIN ALTITUDE WARNING SYSTEM) con resultado satisfactorio.
- Se comprobaron posibles fugas en la cabina.
- Se reemplazó la válvula outflow.
- Se volvió a reemplazar el CPC2 debido a fallos en los chequeos tras su instalación.

El día 9 de septiembre, la aeronave volvió a operar y realizó 5 saltos. No se volvió a producir ningún problema como el ocurrido en el incidente.

El historial de mantenimiento no reveló problemas previos de mantenimiento que pudiesen afectar al incidente.

### 1.3.5. *Sistema de presurización de la aeronave*

El aire que se respira en la aeronave proviene, en condiciones normales, del aire sangrado de los motores cuya temperatura y presión es regulada por el sistema de aire acondicionado<sup>29</sup>. Los packs de aire acondicionado proporcionan un flujo constante de aire a una determinada presión y temperatura. La función del sistema de presurización es mantener este aire a una presión adecuada dentro del avión independientemente de la altitud de vuelo a la que se encuentre la aeronave. En el caso del B737-800, la máxima presión de cabina es la correspondiente a 8.000 ft cuando la aeronave vuela a 41.000 ft.

De forma simplificada, el sistema de presurización regula la presión de la aeronave abriendo o cerrando una válvula de expulsión de aire del avión («outflow valve»). La actuación de la válvula outflow puede hacerse de forma automática (AUTO y ALTN), por parte del sistema, mediante dos controladores iguales (CPC, «cabin pressure controllers» 1 y 2), o manual por parte del piloto (MAN). En la cabina de pilotos existe un panel de control de la presurización (figura 2) en el que se pueden monitorizar ciertos parámetros del sistema, como por ejemplo, la altitud de cabina (1 en figura 3) y se puede seleccionar el modo de funcionamiento (automático o manual) de este sistema (2 en figura 3). El sistema cuenta

---

<sup>29</sup> En condiciones normales de funcionamiento, el aire que respiran los pilotos es aire dedicado que se sangra únicamente del motor izquierdo y no está recirculado. El aire de la cabina de pasajeros es aire sangrado de ambos motores y que además es recirculado.

con dos válvulas de alivio («relief valve»), que limitan la diferencia de presión entre el interior del avión y el exterior a un máximo<sup>30</sup> para evitar daños estructurales.

La secuencia de funcionamiento del sistema en modo automático es la siguiente:

- En tierra, con el avión parado y con poca potencia: la válvula outflow se abre completamente para despresurizar la aeronave y permitir que las presiones interna y externa se igualen.
- En tierra y con potencia alta (cuando empieza la carrera de despegue): empieza la presurización de la aeronave y comienza el cerrado de la válvula outflow.
- En el aire: se mantiene la presurización de la cabina de acuerdo a los patrones establecidos.

Cuando el sistema de presurización se actúa en manual, la regulación de la presión de cabina se realiza mediante actuación directa, por parte de la tripulación, de la válvula outflow con su interruptor (3 en figura 3). Este interruptor está ubicado en el panel de presurización de cabina, situado en el panel sobre-cabeza (figura 2). El interruptor sólo funciona cuando se ha seleccionado MAN (2 en figura 3). Para abrir la válvula outflow hay que desplazar el interruptor hacia la derecha y mantenerlo hasta alcanzar la altitud deseada. Cuando el interruptor se suelta, vuelve a su posición central. El control del sistema en manual requiere la monitorización de los indicadores de altitud de cabina y presión diferencial (1 en figura 3) y de la posición de la válvula outflow (4 en figura 3).

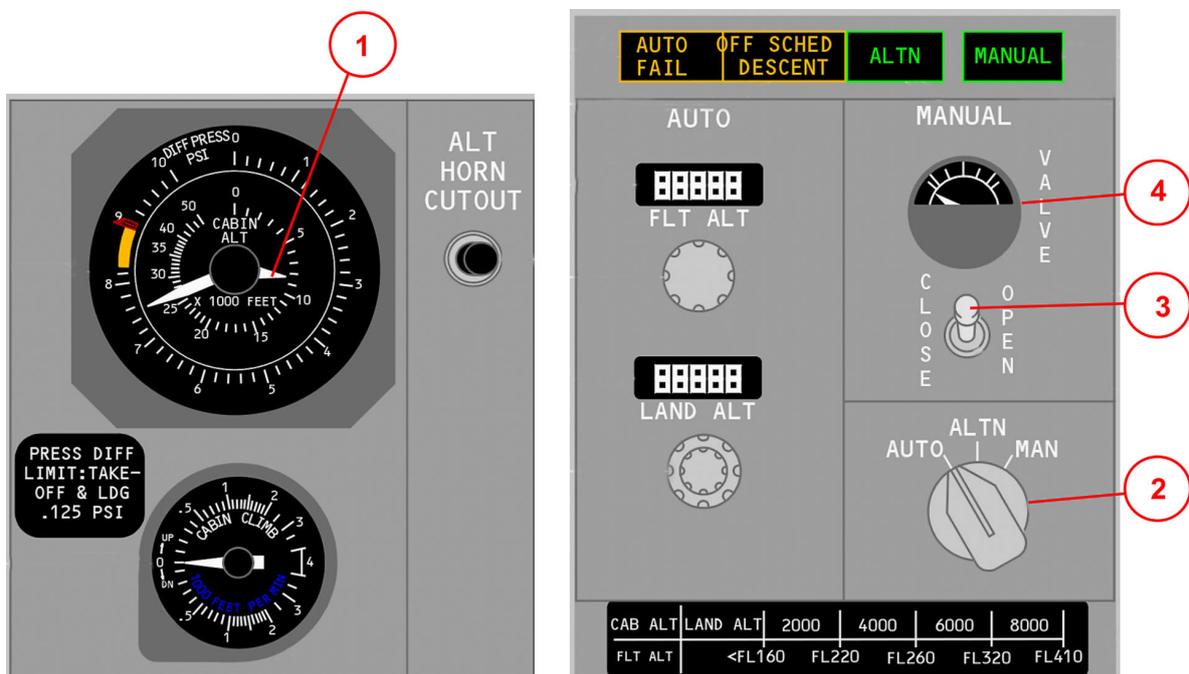


Figura 3. Panel del sistema de presurización

<sup>30</sup> Este máximo varía en función de la altitud de la aeronave: 7,45 psi a 28.000 ft o menos; 7,8 psi entre 28.000 ft y 37.000 ft; 8,35 psi por encima de 37.000 ft. El sistema considera una presión diferencial excesiva el valor de 8,75 psi. El máximo valor de presión diferencial es 9,1 psi.

#### 1.4. Información meteorológica

Las condiciones meteorológicas en Madrid-Barajas durante todo el vuelo eran buenas. El METAR del aeropuerto indicaba viento flojo (1 kt de dirección variable), con visibilidad mayor de 10 km y 16 °C de temperatura. No se produjeron cambios significativos durante el resto del vuelo<sup>31</sup>.

#### 1.5. Ayudas para la navegación y comunicaciones

En el momento del incidente, la aeronave llevaba 10 minutos de vuelo desde el despegue (07:32:37 h, punto 1 en figuras 4 y 5) y se encontraba en ascenso y rumbo sur, bajo la responsabilidad del centro de control de Madrid en la frecuencia 136.100 MHz. La declaración de la emergencia se produjo a las 07:43:15 h (punto 2 en figuras 4 y 5) por parte del comandante: «RZR2011 we have to descent MAYDAY MAYDAY MAYDAY».

A los 23 segundos, la aeronave repitió la declaración de emergencia, solicitó de nuevo descender y pidió rumbo 150: «RZR2011 requesting heading one five zero, we have to descent further one hundred, MAYDAY MAYDAY MAYDAY». ATC autorizó el cambio de rumbo a 150° y se iniciaron una serie de conversaciones para conocer las intenciones de la tripulación:

- ATC preguntó si volvían a Madrid. El comandante se lo confirmó.
- ATC le dio un nuevo rumbo para interceptar el ILS creyendo que volvían directamente. El comandante colacionó sólo el rumbo, ATC repitió la instrucción y fue entonces cuando el comandante solicitó mantener altitud (07:45:53 h, punto 3 en figuras 4 y 5). En ese momento, estaba a 12.116 ft.
- ATC pidió confirmación de que detendrían el descenso a FL100 y el comandante pidió un nivel un poco más bajo. El controlador le autorizó a descender a su discreción teniendo en cuenta la mínima radar de 4.000 ft. El comandante le pidió confirmación de la altitud autorizada. El controlador le volvió a repetir la instrucción y finalmente, a las 07:46:34 h (punto 4 en figuras 4 y 5) a 10.585 ft, el comandante informó que descenderían inicialmente a 6.000 ft y que necesitaban mantener la altitud.

A las 07:47:21 h (punto 5 en figuras 4 y 5) el comandante solicitó un 360° (estaban a 9.557 ft) que inició a las 07:48:49 h (punto 6 en figuras 4 y 5). Hasta las 07:49:49 h se volvieron a producir 8 conversaciones con control para confirmar el 360°, el sentido a izquierdas y si lo iban a completar. En la comunicación de las 07:49:49 h (punto 7 en figuras 4 y 5), a 6.306 ft, el comandante informó que estarían listos para la aproximación en 5-10 minutos. Durante todo este tiempo, la tripulación estaba realizando las listas de chequeo de CABIN ALTITUDE WARNING y EMERGENCY DESCENT.

---

<sup>31</sup> METAR LEMD 090530Z VRB01KT CAVOK 16/14 Q1019 NOSIG=  
METAR LEMD 090630Z VRB01KT CAVOK 17/14 Q1019 NOSIG=

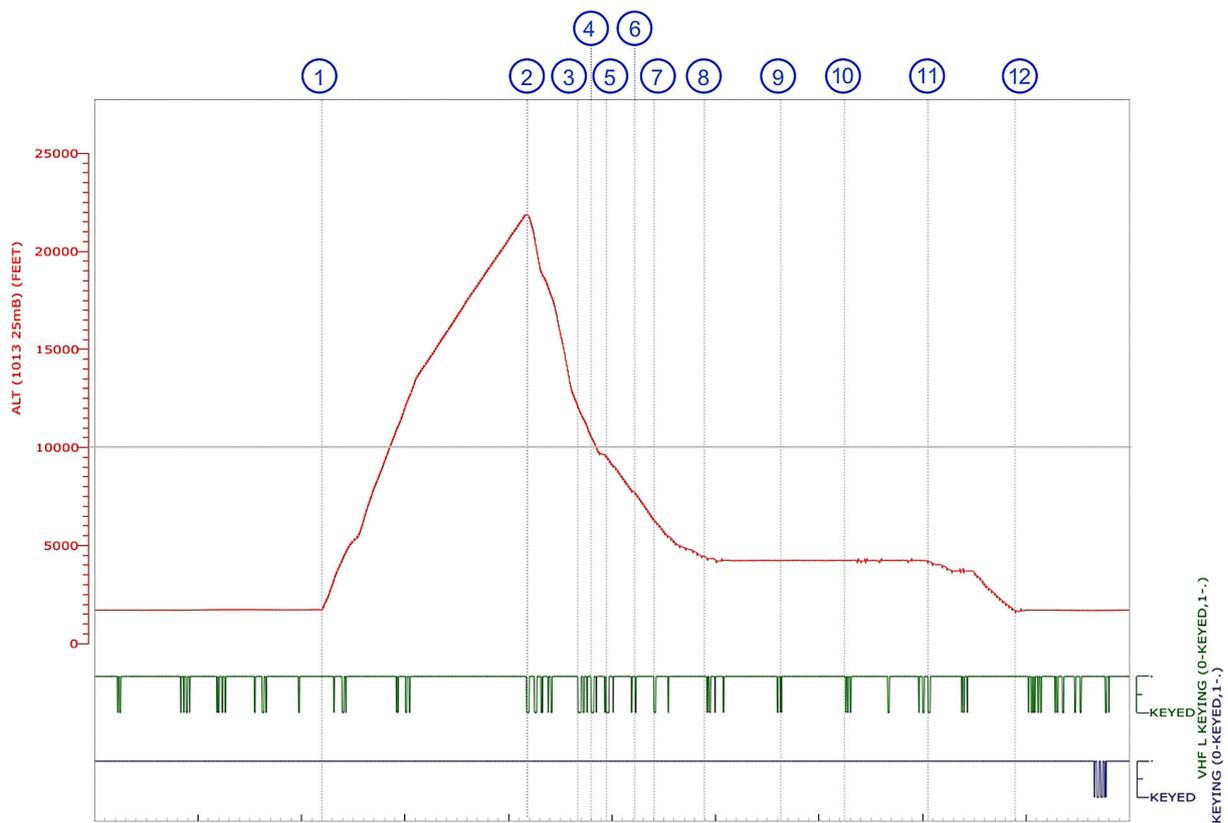


Figura 4. Altitud de la aeronave y comunicaciones con ATC de la tripulación

Cuando finalizó el 360°, a las 07:52:25 h (punto 8 en figuras 4 y 5) el controlador le autorizó a descender a 4.000 ft y le preguntó si podían girar a la derecha en rumbo 040. A las 07:52:57 h ATC volvió a preguntar por el tiempo que necesitaban para completar la aproximación y el comandante volvió a confirmar que 5-10 minutos. A las 07:53:15 h se le autorizó a rumbo 200. A las 07:56:22 h (punto 9 en figuras 4 y 5) en rumbo 200, ATC volvió a preguntar si estaban listos para virar y el comandante volvió a contestar que en unos minutos. A las 07:59:40 h (punto 10 en figuras 4 y 5), 3 minutos más tarde, ATC volvió a preguntar si estaban listos para virar, y esta vez obtuvo respuesta afirmativa del comandante. Se le autorizó a virar a rumbo 010 e interceptar y seguir el localizador de la pista 33L.

La aeronave interceptó el localizador en la milla 7, aproximadamente, y completó la aproximación sin incidencias.

A las 08:03:59 h (punto 11 en figuras 4 y 5) el comandante informó a ATC que no necesitaban asistencia. Esta información fue transmitida al controlador de torre al que iba a ser transferido después. No obstante, este último, tras autorizarle a aterrizar, volvió a preguntar a la aeronave si requería alguna asistencia y la naturaleza del problema. Esta fue la primera vez que la aeronave informó sobre el tipo de problema que habían

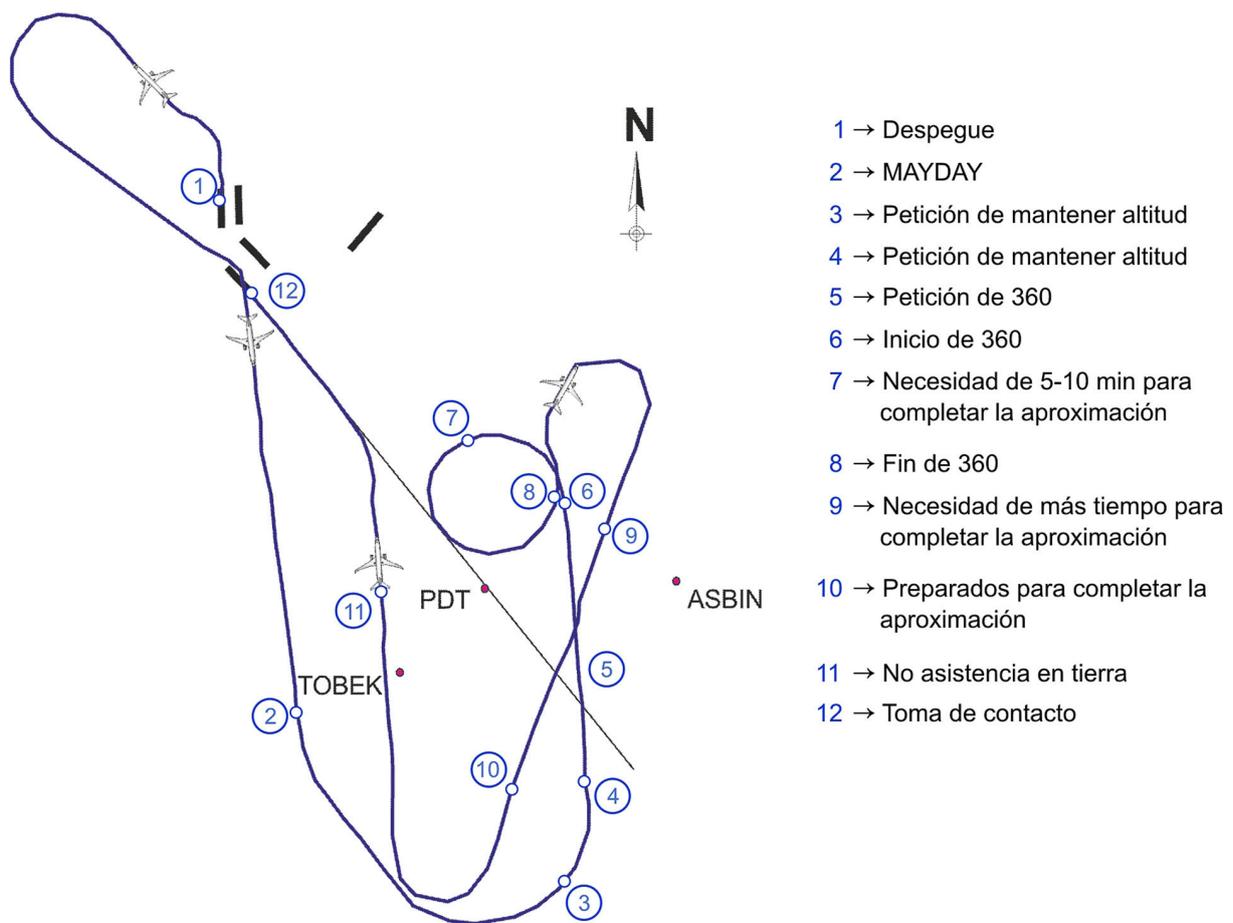


Figura 5. Trayectoria de la aeronave

tenido y lo describió como «depressurization». La toma se produjo a las 08:08:37 h (punto 12 en figuras 4 y 5).

Desde el momento de la incidencia hasta que la aeronave se detuvo se produjeron 5 cambios de frecuencia (127.100, 127.500, 118.150, 121.975 y 121.85 MHz), tres en vuelo y dos en tierra.

ATC dio prioridad a la aeronave para la toma, despejó el tráfico en la zona y facilitó que se mantuviese en espera todo el tiempo que la tripulación requirió. En las figuras 4 y 5 se muestra la trayectoria seguida, la evolución de la altitud y el registro de comunicaciones del comandante (en verde) y el copiloto (en azul) con ATC durante todo el vuelo.

## 1.6. Registradores de vuelo

La aeronave llevaba instalado un registrador de datos de vuelo (FDR) de la marca Honeywell, de estado sólido, P/N 980-4700-042 y S/N 17825 que tenía registrados

15 vuelos completos. El registrador de voces en cabina (CVR) era de la marca Honeywell, P/N 980-6022-001 y S/N 13563 y tenía grabaciones en 4 canales: uno de dos horas y un minuto y tres canales de 30 minutos. Para el análisis del incidente se utilizó, además de la información del FDR, la información del registrador de acceso rápido («Quick Access Recorder», QAR), ya que el FDR no contenía información del sistema de presurización y el QAR<sup>32</sup> sí.

En el vuelo del incidente el controlador de presión de cabina en funcionamiento fue el CPC1. El CPC2 estuvo en reserva (standby). El análisis de los datos del vuelo y de los 15 vuelos anteriores mostró un funcionamiento normal de los sistemas de presurización y aire acondicionado. El FDR no registró ninguna activación del aviso de altitud de cabina superior a 10.000 ft (CABIN ALTITUDE) y tampoco se escuchó en el CVR<sup>33</sup>.

A las 07:32:00 h, la aeronave estaba en tierra antes del despegue y la posición de la válvula outflow era de 110°, es decir, abierta. La presión de cabina era de 13,8 psi. A las 07:32:03 h (punto 1 en figura 6), coincidiendo con el inicio de la carrera de despegue, la válvula outflow empezó a cerrarse y un segundo después, el modo de funcionamiento del CPC1 pasó de «ground» a «take off».

Tres segundos después de registrarse la rotación, se activó el modo «climb» en el CPC1 y una posición de la válvula outflow de 51°. Continuó el ascenso hasta las 07:43:15 h en que la tripulación declaró emergencia (punto 2 en figura 6). En ese momento la presión en la cabina era de 12,8 psi, es decir, 1 psi menos que en tierra, la posición de la válvula outflow era de 10,82° y la presión diferencial había alcanzado 5,7 psi. El modo de vuelo del CPC1 cambió de «climb» a «abort».

A las 07:44:16 h (punto 3 en figura 6), se inició el proceso de cerrado completo de la válvula outflow, que alcanzó la posición de cerrada (-0,55°) a los 3 segundos y se mantuvo así hasta que estuvo en tierra. El CPC1 pasó de estar operativo a estar en reserva (standby). Desde este momento empezó a aumentar la presión de cabina (disminuir la altitud de cabina), la presión diferencial y la variación de presión (de -500 slfpm<sup>34</sup> a -3.000 slfpm).

A las 07:45:20 h (punto 4 en figura 6) se alcanzaron 14,69 psi, es decir, el equivalente a la presión a nivel del mar.

A las 07:48:26 h (punto 5 en figura 6), con la aeronave a 8.968 ft, la presión de cabina era de 19,613 psi y la presión diferencial alcanzó su máximo de 8,75 psi. La variación de presión de cabina disminuyó de -3000 fpm a -1.000 fpm, a consecuencia de la

---

<sup>32</sup> El QAR registraba presión de cabina (a través de la cual se calculó la altitud de la cabina), la variación de la presión de cabina (cabin rate), la diferencia de presión exterior y de cabina (presión diferencial), la posición de la válvula outflow, el computador CPC operativo y el modo de vuelo del computador.

<sup>33</sup> Cuando se produce una altitud de cabina superior a 10.000 ft, se produce un aviso visual y acústico para alertar a la tripulación. El aviso acústico CABIN ALTITUDE es igual al del TAKE OFF WARNING SYSTEM. El primero sólo se puede producir en vuelo y el segundo sólo se puede producir en tierra. Los avisos visuales, en este avión, estaban separados.

<sup>34</sup> Slfpm: «Sea level feet per minute».

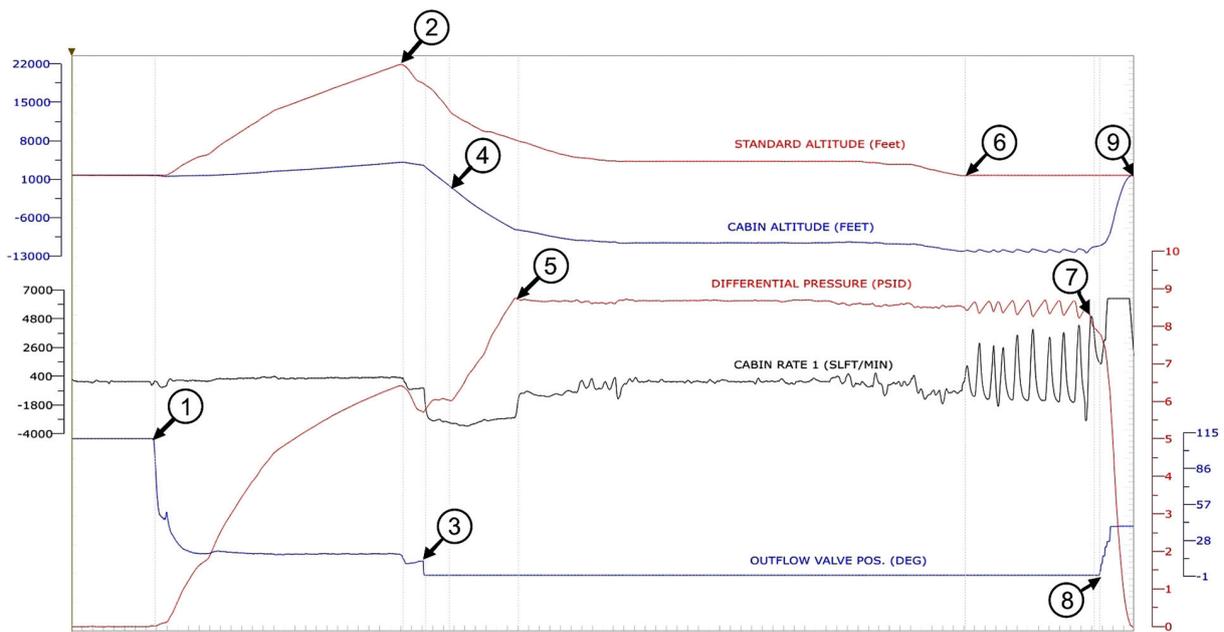


Figura 6. Parámetros del sistema de presurización durante el vuelo

apertura de las válvulas de alivio («relief valve»). Desde este momento hasta la toma, la presión diferencial se mantuvo en el entorno de 8,75 psi y se registraron cambios de la variación de presión en cabina debidos a la apertura de las válvulas de alivio.

En el aterrizaje en Madrid a las 08:07:37 h (punto 6 en figura 6), la válvula outflow seguía cerrada y la presión en cabina era de 22,36 psi. Durante el rodaje en tierra, se registraron fluctuaciones más pronunciadas en la presión diferencial y en la variación de presión.

A las 08:14:27 h (punto 7 en figura 6), tras 6 minutos de rodaje en tierra, la presión en cabina era de 22,59 psi y el comandante se quejó del oído. Se había producido una variación de la presión en cabina de 5.000 slfpm. Dos segundos después, a las 08:14:29 h, el comandante apagó los packs de aire acondicionado.

A las 08:14:42 h (punto 8 en figura 6), tras un comentario del comandante de que la presión de cabina era más de 10.000 ft<sup>35</sup>, se inició la apertura de la válvula outflow. En este momento comenzó la despresurización de la cabina que finalizó a las 08:16:09 h (punto 9 figura 6) en que se igualaron las presiones interior y exterior. La válvula no se abrió por completo sino que se quedó en 39° y se hizo de forma lenta.

En el proceso de despresurización de la cabina se registró, durante 59 segundos, un máximo en la variación de la presión de cabina de 6.350 slfpm.

<sup>35</sup> Se encontraba a una sobrepresión equivalente a una altitud de -11.224 ft, donde el signo negativo indica estar por debajo de nivel del mar.

### 1.6.1. Comunicaciones sobre el sistema de presurización

El vuelo completo, y por lo tanto la emergencia, quedó grabado en uno de los canales del CVR, en concreto, en el canal de 2 horas y un minuto correspondiente al micrófono de área, por lo que las grabaciones tenían ruido de fondo. Los 23 primeros minutos de grabación registraron la prueba del Land Verify Test, que se realizó la noche anterior. A los 23 minutos comenzó la grabación del vuelo del incidente. En ese momento, la tripulación ya tenía identificado el problema con el TAKEOFF CONFIG, ya que al minuto de comenzar la grabación, se escuchó al comandante solicitar un mecánico para el cambio del peso y para solucionar este problema.

Como parte de la preparación del vuelo, la tripulación repasó las emergencias, entre las cuales el comandante revisó la despresurización de la cabina, utilizando los siguientes términos<sup>36</sup>:

«...we come back to Madrid. Once airborne and the altitude above ten thousand feet if we have the intermittent warning horn, which is not working yet, we'll immediately don the oxygen mask regulator one hundred percent, establish crew communication, do the rapid depressurization checklist and we must good verify cabin altitude establish below ten thousand feet before removing the oxygen masks.»

Revisaron la salida instrumental que ATC les había autorizado, la información en el FMS (flight management system), los procedimientos de retroceso y rodaje, realizaron la lista de chequeo SAFETY INSPECTION y la lista de chequeo BEFORE START. Como parte de la lista de chequeo BEFORE START se escuchó al copiloto identificar «STAB TRIM CUTOFF» y al comandante contestar «NORMAL»<sup>37</sup>.

El resto de conversaciones entre la tripulación fueron relativas al vuelo. Tras el arranque de los motores y el despegue, el ruido de fondo de la grabación aumentó. Se realizó la lista de chequeo BEFORE TAXI, solicitaron rodaje y realizaron los BEFORE TAKE OFF CHECKS. Todas las listas fueron pedidas por el comandante y las comunicaciones con ATC fueron realizadas por el copiloto.

Durante los diez primeros minutos del vuelo se escuchó a la tripulación pedir una lista, ocuparse de los avisos de SPEED TRIM FAIL y del piloto automático que no podían conectar, respecto a los cuales se escuchó al copiloto leer la condición de la lista de chequeo que lo producía. A los diez minutos del despegue se escuchó un DING en cabina correspondiente a la llamada del sobrecargo durante la cual se escuchó al comandante «hello, hello, yeah, ok» y seguidamente «stop the altitude» al copiloto y

---

<sup>36</sup> Manual de Operaciones de Ryanair. Initial emergency briefing. Captain (always, first flight of the day only):  
«Whenever the intermittent warning horn sounds in flight, at an airplane flight altitude above 10,000 ft MSL:

- Immediately don oxygen masks and set regulators to 100%.
- Establish crew communications.
- Do the CABIN ALTITUDE Warning or Rapid Depressurization non-normal checklist.

Both pilots must verify on the overhead Cabin Altitude panel that the cabin altitude is stabilized at or below 10,000 ft before removing oxygen masks.»

<sup>37</sup> El punto 20 de la lista es: «STAB TRIM CUTOFF SWITCHES... NORMAL».

la declaración de la emergencia. El inicio de la lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING no se pudo escuchar porque únicamente quedó registrado en el canal de área de 2 horas y el ruido de fondo sólo permitió identificar el ruido de las máscaras al activarse. Sin embargo el FDR registró la actuación sobre la válvula outflow (paso 4 de la lista) un minuto después de declarar emergencia. El comienzo de los canales de 30 minutos coincidió con las siguientes comunicaciones<sup>38</sup>:

Copiloto: *Ahh the... if the cabin altitude exceeds or is expected to exceed fourteen thousand feet pax oxygen switch is on, go to the emergency descent checklist on page zero point one. Cabin altitude warning or rapid depressurization non normal checklist completed.*

*Ok... emergency descend checklist. Are you ready for the checklist? Yeah? Emergency descend checklist. Non normal.*

*Condition. One or more of these occur. Cabin altitude cannot be controlled when the airplane is above fourteen thousand feet a rapid descent.*

La lista de chequeo EMERGENCY DESCENT fue interrumpida en dos ocasiones con llamadas de ATC que contestó el comandante. Durante el descenso, el comandante sugirió quitarse las máscaras porque estaban a 10.000 ft «OK. We are at ten thousands feet, I suggest you to remove your mask, check and...». Se volvieron a producir dos interrupciones más por ATC y finalmente, el copiloto anunció «The emergency descent non normal checklist complete».

A las 07:53:05 h el comandante hizo un repaso de la situación, velocidad, altura e intenciones con el copiloto. Volvió a llamar ATC y después llamó al sobrecargo para hacer el briefing NITS («Hello? This is your NITS briefing. Nature: the aircraft was not pressurized I do not know why. Intention: go back to Madrid. Time 5 minutes. No specials, normal landing. Do you have anything in the cabin?»). El sobrecargo, que se había quitado la máscara para el briefing, le informó que todo estaba tranquilo y le preguntó si se quitaban las máscaras. El comandante contestó que las mantuviesen. Tras finalizar, siguió con el copiloto (07:54:58 h):

Cmdte: *OK, I am back to you» So, PIOSEE<sup>39</sup>. Problem, unpressurization.*

Copiloto: *Yes.*

Cmdte: *Information, we have... we didn't have this configuration warning because, I suppose, because of the problem we had on the ground.*

---

<sup>38</sup> Es literalmente el final del punto 5 de la lista CABIN ALTITUDE WARNING y el principio de la lista EMERGENCY DESCENT. Véase apartado 1.10.2.

<sup>39</sup> El PIOSEE es un modelo de toma de decisiones que utilizan las tripulaciones de vuelo y cabina del operador en su toma de decisiones. Las siglas significan: Problem, Information, Options, Select, Execute, Evaluate. Este modelo consiste en identificar de forma precisa el problema, recoger toda la información relevante, identificar todas las opciones y riesgos asociados, seleccionar la mejor forma de llevar a cabo la solución, ejecutar la solución y evaluar los efectos del plan regularmente. La aplicación de este modelo se entrena y evalúa periódicamente por el operador, según tiene establecido en su Manual de Operaciones, parte D.

Revisaron la aproximación frustrada, el combustible que habían consumido, realizaron las listas y los DESCENT CHECKS entre los cuales se oyó a la tripulación modificar en el panel de presurización el valor de la altitud de Barajas «Pressurization... landing altitude 2000», que es como se encontró tras el incidente (figura 2).

No hicieron más comentarios sobre el sistema de presurización. Después de la toma, estuvieron pendientes de las instrucciones de rodaje y de coordinar con el operador el desembarco del pasaje. Durante el rodaje se escuchó al comandante, con continuas afirmaciones del copiloto:

Cmdte: *I saw the packs on and the pressurization... It was pressurizing on the ground. What is this now? my ear;; Do you feel it? Look, the aircraft altitude is up ten thousand. We can not open the doors like this. Yes, but slowly slowly slowly (se refiere a la válvula outflow) Yeah, but now up to this up. No, It's normal, It's increasing. What's going on?*

Tras detener el avión, el jefe de turno de mantenimiento subió a la cabina. Antes de saltar el disyuntor del CVR se escucharon las últimas conversaciones grabadas en las que el comandante le explicaba al mecánico lo que había sucedido (08:18:47 h) «We started from the air, I'm sure hundred per cent this was on, on and... you know when we put them on we always see this is going a little bit down so it is pressurizing on the ground. I always check that. It was fine, no? And the after takeoff so the autopilot was not working and the initially...

... we had speed trim failure, we did the checklist and then I give him control about 15.000 ft and standing up to verify any CB (circuit braker) you know, for the autopilot or something. Cabin called me and said that they don't feel good and in meantime I didn't feel good, so...»

### 1.7. Información médica y patológica

El servicio médico del aeropuerto atendió a 16 personas, entre ellas los 4 tripulantes de cabina de pasajeros. Los diagnósticos fueron otorragias (hemorragias a través del conducto auditivo externo), epistaxis (sangrado por la nariz) y crisis de ansiedad. Durante el proceso de valoración, el servicio médico describió a los pasajeros «de pie y orientados» y no detectó ningún indicio relacionado con la hipoxia o con intoxicación.

Dos de estos pasajeros fueron trasladados al servicio de urgencias del Hospital Ramón y Cajal donde fueron tratados por «otalgia (dolor de oído) tras despresurización de avión» y en consecuencia, fueron valorados por un otorrinolaringólogo. El diagnóstico de los dos pasajeros fue de barotraumatismo ótico (daño físico causado por una

diferencia de presión entre el oído medio y el oído externo) y se les aconsejó no volar en 72 h a uno de ellos y 7 días al otro.

Los pilotos no acudieron al servicio médico del aeropuerto. En el caso del comandante, acudió una semana después a su médico para una revisión tras el incidente. La valoración fue que en el momento de la revisión no encontró ningún problema y que los síntomas que reportaba el comandante coincidían con la hipoxia. El copiloto fue a una revisión médica dos días después del incidente con resultado satisfactorio.

## 1.8. Supervivencia

Tras la declaración de emergencia por parte de la aeronave a las 07:43 h al centro de control de Madrid, la torre de Madrid a las 07:45 transmitió el regreso del vuelo RYR2011 al Centro de Gestión Aeroportaria (CGA), quién activó alarma local desde las 07:49 h hasta las 08:23 h. La gestión de la emergencia por parte del aeropuerto se realizó en tres fases.

### Fase de activación de alarma local en el aeropuerto

A las 07:49 h se inició la activación de los colectivos afectados de acuerdo al Manual de Autoprotección. Se movilizó al Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI) y se alertó, sin movilizar, al resto de unidades afectadas<sup>40</sup>. A las 07:56 h torre actualizó la información al aeropuerto sobre la situación de la aeronave a 20 NM y que tomaría por la 33L. Tras la toma y rodaje hasta su puesto de estacionamiento, el SSEI informó al CGA que el avión tenía saltadas las mascarillas de oxígeno por un problema de presurización. El acceso al avión no presentó ningún problema y las dos puertas por las que se realizó el desembarco del pasaje se abrieron sin dificultad. Los servicios de handling estaban preparados cuando la aeronave tomó tierra y la asistencia en cuanto a operaciones de rampa y pasajeros no se demoró.

### Fase de atención médica

A las 08:22 h, con la aeronave ya detenida, el operador solicitó atención sanitaria a bordo por estar uno de los pasajeros muy alterado y sangrando por la boca. El CGA avisó al servicio médico del aeropuerto de las terminales 123<sup>41</sup>, situado en la T2, que ya estaba avisado pero que, en ese momento, estaba atendiendo otra emergencia en la

---

<sup>40</sup> Servicio de Dirección de Plataforma, Señaleros, Ryanair, Swisport como compañía de handling, Oficina de Seguridad de Vuelo, servicio médico del aeropuerto T123, Guardia Civil, Cuerpo Nacional de Policía, Seguridad del aeropuerto, oficina de prensa del aeropuerto y Centro de Control de red de Aena.

<sup>41</sup> Existen tres servicios médicos (SMA) en el aeropuerto de Madrid-Barajas identificados por la zona que cubren: SMA T123, SMA T4 y SMA T4S.

T1. Durante el trayecto a la aeronave se le informó que había otros 3 pasajeros más que necesitaban atención médica. Uno de los pasajeros fue trasladado en UVI al servicio médico por tener antecedentes cardiovasculares importantes y el resto de los afectados lo hicieron en un autobús de la empresa de handling. A las 08:45 h los pasajeros que necesitaban atención médica llegaron a las dependencias del servicio médico en la T2. Posteriormente llegaron más pasajeros y se reforzó el servicio médico con el SMA T4S. Se atendieron un total 16 personas: 12 pasajeros y 4 tripulantes de cabina, que llegaron al servicio médico a las 11:00 h. De todos ellos, a 4 pasajeros se les recomendó ser valorados por un otorrinolaringólogo en el servicio de urgencias del Hospital Ramón y Cajal aunque ninguno presentaba patologías urgentes. Estos pasajeros fueron trasladados en un taxi que facilitó la empresa de handling Swisport. La atención médica en el aeropuerto finalizó a las 11:31 h.

### Fase de recuperación del vuelo

Los pasajeros que lo desearon fueron reubicados en otro vuelo del operador a las 11:05 h, estacionado en el puesto remoto 32.

## 1.9. Ensayos e investigaciones

### 1.9.1. Declaración del comandante

Llegó al aeropuerto una hora antes del vuelo. Había desayunado en el hotel y no tomó nada ni en la oficina ni en el avión. Hizo el briefing con toda la tripulación en la oficina. Fueron andando al avión recorriendo los 200 m que separaban la oficina del puesto de estacionamiento. La revisión de mantenimiento estaba realizada y el libro técnico de aeronave (Technical Log Book) estaba ya firmado. Era el primer vuelo del día.

Realizó los chequeos previos y vio que no funcionaba el T/O CONFIG (aural warning). Llamaron a un mecánico y descubrió que había un disyuntor saltado. Lo resetearon y funcionó correctamente. El embarque de los pasajeros se produjo sin problemas y rodaron a la cabecera de la pista 36L. Era piloto a los mandos.

Aproximadamente a 1.000 ft la luz de SPEED TRIM se encendió junto con la luz del MASTER CAUTION, que durante todo el vuelo continuó encendiéndose. A 5.000 ft intentaron conectar el piloto automático sin conseguirlo. Continuaron el vuelo hasta alcanzar los 10.000 ft. Las indicaciones del sistema de presurización eran normales tanto antes del despegue como en las comprobaciones de los 10.000 ft.

Una vez realizaron las comprobaciones de 10.000 ft, el comandante pasó los mandos al copiloto. Comprobaron en el QRH los procedimientos para el caso de A/P FAIL TO ENGAGE y de SPEED TRIM FAIL. El comandante se levantó y se fue a revisar el panel

trasero de disyuntores convencido de que había algún disyuntor saltado que impedía conectar el piloto automático. Sabía que en caso de no poder disponer de ellos, tendría que regresar a Madrid, por requisitos de espacio RVSM para volar hasta Canarias.

A FL200, cuando estaba de pie, recibió una llamada del sobrecargo. Le extrañó porque nunca llamaban tan pronto. El sobrecargo le dijo que no se encontraban bien, que tenían una sensación rara y le preguntó si la presurización estaba bien. Esta llamada le confirmó la sensación que él también tenía e inmediatamente ordenó al copiloto detener el ascenso. No había comentado nada con el copiloto pero él ya se sentía mal. El comandante describió la sensación como «una especie de mareo y que le costaba pensar con claridad y concentrarse». Tardó aproximadamente un día en volver a encontrarse mejor.

El comandante tomó los controles del avión, se pusieron las máscaras de oxígeno y activaron manualmente las del pasaje. Cuando miró el indicador de altitud de cabina vio que estaba en una posición anormal pero no pudo recordar exactamente el valor. Declararon MAYDAY a ATC y realizaron un descenso de emergencia volviendo a Madrid-Barajas. La máscara de oxígeno le hizo sentirse algo mejor pero no completamente bien. A los 10.000 ft se las quitaron y continuaron el descenso sin ellas. Pasó los mandos al copiloto y llamó al sobrecargo para realizar un briefing NITS. Tras el briefing con el sobrecargo realizó una llamada al pasaje sobre lo que estaba ocurriendo.

Cuando estaban completamente estabilizados en el ILS, el comandante cogió de nuevo los mandos y continuó hasta el final del vuelo. El aterrizaje se produjo sin incidencias por la pista 33L. Durante el rodaje, la cabina empezó a presurizarse a 15.000 ft. Abrió la válvula outflow antes de apagar los motores.

Nunca se había mareado en ningún vuelo, ni durante vuelos acrobáticos. Tardó varios días en recuperarse.

### 1.9.2. *Declaración del copiloto*

Llegó al aeropuerto 2 horas antes. Había desayunado en casa y tomó un café en la oficina antes del vuelo. No tomó nada en el avión. Realizó la inspección exterior de la aeronave. Los valores del sistema de presurización habían sido normales durante los chequeos previos al vuelo. Los «ten checks»<sup>42</sup> también incluían la comprobación de los parámetros de presurización y estaban normales. Entre FL100 y FL150 el comandante le pasó el control del avión. Poco antes de la llamada del jefe de cabina ya se sentía mal. La sensación «no era de enfermedad sino de falta de energía y desorientación». Sentía que «en algún momento del vuelo había perdido energía y capacidad de pensar y no me había dado cuenta. Tenía sensación de desorientación. Me sentía completamente

---

<sup>42</sup> Comprobaciones a 10.000 ft.

muerto». Lo achacó a que era muy temprano. El comandante, después de hablar con el jefe de cabina, le dijo que parara el ascenso y que desplegara las máscaras. Para él fue un «shock». Pensaba que el comandante había visto algo que él no había visto.

No recordaba qué altitud de cabina había visto en el momento del incidente. Sí recordaba que, después de la toma, en el parking la altitud de cabina era de 15.000 ft. Abrieron la válvula outflow muy lentamente. Tardó más de un día en recuperarse.

### 1.9.3. *Declaración del sobrecargo, número 1*

Realizaron un briefing normal en la oficina. El vuelo salió en hora con un rodaje de unos 10-15 minutos. El despegue fue normal y a los cinco minutos recibieron el aviso que les permitía levantarse. Fue a comprobar el contenido de los bares mientras el número 4 se fue delante a preparar la prensa.

Poco después empezó a notar dolor de cabeza, se sentía algo mareado contando el bar y sobre todo notaba descoordinación muscular. El número 2 llegó pálido y cansado, como si le faltase el aire. Le preguntó cómo estaba y le confirmó que no se encontraba bien. Tras hablar de sus sensaciones tuvo la impresión de que perdía conciencia por segundos. Preguntó al número 4, que estaba con la prensa, y le confirmó que se sentía muy rara. El número 2 empezó a empeorar, a temblar y seguía pálido. Contrastó de nuevo con el número 4 y confirmó que algo pasaba. Identificó los síntomas como de hipoxia y sabía que, en ascenso, tenía entre 2 y 5 minutos para avisar y no perder la conciencia. Decidió llamar al comandante y le dijo que creía que estaban en despresurización y que tenían síntomas de hipoxia.

Inmediatamente notó que detenían el ascenso y oyó cómo se activaban las máscaras de oxígeno de los pilotos. A los pocos segundos cayeron las máscaras del pasaje. Se fijó en las manos pero no se vio las uñas azules. Las máscaras funcionaron perfectamente. La cabina estaba asegurada. No habían llegado a sacar los carros. Se sintió mejor con las máscaras de oxígeno. No hubo anuncio de descenso de emergencia pero no hizo falta porque notaron que descendían.

Los pasajeros estaban tranquilos, algunos durmiendo por la hora que era y continuaban con los cinturones puestos. Nadie les notificó ninguna sensación extraña.

El descenso fue normal, no fue brusco. Cuando el avión detuvo el descenso y se niveló, llamó a cabina de pilotos dos veces y ninguna de las dos veces tuvo respuesta. Se quitó la máscara para entrar para comprobar si estaban bien, algo que tienen establecido por procedimiento, y recibió una llamada del comandante quien le informó que habían sufrido una despresurización y realizaron el briefing NITS en el que le informó que en 5-10 minutos iban a aterrizar en Madrid. El sobrecargo juntó a la tripulación para transmitir esta información y comprobó que estaban un poco mejor y tranquilos. A

continuación se oyó al comandante informar al pasaje sobre lo que estaba pasando y las intenciones de aterrizar en Barajas en 6 minutos. El anuncio del comandante fue en inglés y él, después, lo tradujo al español.

El aterrizaje fue normal y abandonaron la pista. Durante el rodaje empezaron a sentir dolor en los oídos y muchos pasajeros se los taparon con las manos. Tras parar los motores tardaron cerca de 2 minutos en abrir las puertas, más de lo normal. No hubo problema para abrir las puertas y el pasaje abandonó la aeronave por las puertas delantera y trasera izquierda. Los servicios de emergencia estaban esperando. Cuatro pasajeros se quedaron a bordo y fueron atendidos allí por el servicio médico del aeropuerto. El personal de la empresa de handling estaba allí esperando y se hizo cargo del pasaje.

Fueron a la oficina con los pilotos. Hicieron un de-briefing con el coordinador de TCPs de la base y después fueron al servicio médico porque tenían dolor de oídos. Allí ya se encontraba bien. Enseguida recibieron la comunicación de que les daban el día libre.

No distinguió silbido de puertas ni temperatura incorrecta durante el vuelo. No había tomado nada en el avión y sólo tomó un café en oficina antes del vuelo. Nunca antes se había mareado en ningún vuelo.

#### 1.9.4. *Declaración del número 2*

Llegó al aeropuerto una hora antes aproximadamente. Fueron andando al avión tras hacer el briefing con la tripulación. Estaba sentado en la parte trasera izquierda del avión. Desde su punto de vista tardaron un poco más de lo normal en dar el «*release*»<sup>43</sup> que otras veces. Se dirigió hacia delante para ayudar en el servicio y en el camino se sintió raro, notaba que «algo no cuadraba» pero lo achacó a que era temprano. Cuando llegó a la zona delantera de la cabina, el sobrecargo estaba abriendo cajas, erguido, y el número 4 estaba con los periódicos.

Se sentó al lado del sobrecargo y habló con él sobre cómo se sentía. El sobrecargo preguntó al número 4 y tras confirmar que los tres tenían las mismas sensaciones, llamaron a los pilotos. La sensación que él tenía en ese momento era «como que el cerebro se me había ido, como tener una losa en el cerebro, como haber perdido capacidades. El cuerpo me pasaba mil kilos». Llamó atrás a los números 3 y 4 para decirles que se sentaran.

Había vivido episodios de turbulencia, fuego a bordo, evacuación y ataques al corazón. Ninguno relacionado con despresurizaciones. Nunca se había mareado en vuelo. Se quitaron las máscaras cuando el avión se niveló, poco antes de aterrizar.

---

<sup>43</sup> Autorización del comandante a levantarse de sus asientos e iniciar sus tareas.

### 1.9.5. *Declaración del número 4*

Su posición en el avión era delante junto con el sobrecargo, el número 1. No notó nada raro en el vuelo y cuando dieron el «*release*» se levantó e inició la venta de periódicos. Cuando estaba en este proceso, el sobrecargo le preguntó si se encontraba bien y en ese momento le dijo que sí, aunque luego le volvieron a preguntar y se encontraba rara. Preguntó al número 3 sobre cómo se encontraba. Terminó de repartir los periódicos y fue consciente de que se notaba algo en el estómago, «como cuando aterrizas en barajas en verano con calor». Estaba en la parte trasera del avión y se sentó junto con el número 3. En ese momento les llamó en número 2 para decirles que se sentaran. Durante el rodaje en tierra no notó nada en los oídos.

### 1.9.6. *Declaración del jefe de turno de noche*

El jefe de turno de la noche del 6 al 7 de septiembre era de nacionalidad irlandesa. Era su primer día en la base de Madrid tras un periodo de días libres. Había llegado a Madrid alrededor de las 16:00 h y a las 19:00 h entró a trabajar. Llevaba 7 años trabajando para el operador y como jefe de turno 2 años. Esa noche tenían unos 14-15 aviones y eran 7 personas. Aquel día lo recordaba ocupado.

Él no hizo la inspección diaria, sino el Land Verify Test debido a que el comandante del último vuelo le comentó un problema que habían tenido. Cuando realizó ese test, estaba también en la cabina el mecánico que realizó la RAMP 1. El libro de aeronave se lo suele llevar a la oficina y allí comprueba que está todo bien y escribe las acciones realizadas. Ese día lo olvidó. Tenía prisa porque había otros aviones, era el jefe de turno y recibía llamadas constantemente.

### 1.9.7. *Declaración del jefe de turno de mañana*

El jefe de turno de la mañana del día 7 de septiembre era de nacionalidad española. Llevaba trabajando 4 años en ese puesto pero para otro operador. Con la finalización del contrato con el otro operador, pasó a trabajar para el operador el 1 de septiembre, haciendo lo mismo que durante los cuatro años anteriores. Tenía 12 años de experiencia en B737.

Antes del despegue, el comandante les llamó para el cambio de peso y por un problema que tenían de configuración porque el disyuntor del aviso acústico del tren estaba saltado. Lo resetearon y funcionó. Debían haberlo escrito pero no lo hicieron. Cuando volvieron en emergencia fue él a recibir el avión. Cuando el comandante le reportó el problema con el piloto automático, vio inmediatamente que el STAB TRIM estaba en CUTOUT.

### 1.9.8. *Indicación de altitudes de cabina inferiores a cero*

El indicador de altitud de cabina (1 en figura 3) consiste en una esfera en la que está marcada la altitud en múltiplos de mil, entre 0 (0 ft) y el 50 (50.000 ft). Este indicador no está preparado para indicar altitudes menores de cero. Según la información de Boeing, ha habido casos en los que la aguja se ha movido en sentido antihorario y se ha situado entre el 40 y el 50. En el incidente, la tripulación vio la aguja por encima del 10 («the altitude is up to ten thousand») cuando la presión de cabina era de 21,71 psi<sup>44</sup>. Después se oyó que la aguja se situaba por debajo del 10 («we are at ten thousand feet») cuando la presión en cabina era de 20,4 psi<sup>45</sup>.

### 1.9.9. *Aspectos médicos del incidente*

La hipoxia es la falta de oxígeno en las células y tejidos corporales. Se puede llegar a esta situación por varios motivos, siendo en aviación comercial los más frecuentes el déficit de oxígeno en el aire que se respira (hipoxia hipobárica), alteraciones en el transporte de oxígeno por parte de la sangre (hipoxia anémica, por ejemplo, en la intoxicación por monóxido de carbono o CO) o por intoxicación por sustancias que impiden la utilización celular del oxígeno (hipoxia histotóxica).

En el caso de la hipoxia hipobárica la utilización de las máscaras de oxígeno produce la mejora inmediata de la persona, pero en el caso de la hipoxia «por intoxicación» (ya sea por CO o por otras sustancias) esto no ocurre y el tiempo de recuperación depende, en muchos casos, de la naturaleza de la persona. Los síntomas de la hipoxia son varios, no todos los individuos tienen los mismos, y su intensidad varía en función de muchos aspectos, pero en general consiste sobre todo en un compromiso de las funciones intelectuales: curso lento del pensamiento, cálculo impreciso, juicio pobre, memoria incierta o retardo del tiempo de reacción a los que se sumarán, según la gravedad, una serie de signos (cianosis, hiperventilación, temblor, incoordinación muscular) y síntomas (sensación de mareo, dificultad respiratoria y en raras ocasiones dolor de cabeza, náuseas y vómitos); siendo raro que produzca una sensación desagradable o dolorosa, sino más bien lo contrario. Los síntomas que reportó la tripulación fueron dolor de cabeza, falta de concentración mareo, descoordinación, dificultad para pensar, falta de energía, sensación de desorientación, temblores y dificultad para respirar.

La evaluación inicial del CIMA (Centro de Instrucción de Medicina Aeroespacial) sobre el incidente fue que los síntomas reportados estaban asociados a la hipoxia, pero que el tiempo de exposición de la aeronave a altitudes superiores de 10.000 ft, el hecho de que los síntomas no desaparecieran completamente al suministrar oxígeno, y que la altitud de cabina estuvo en todo momento muy por debajo del umbral de hipoxia establecido en 10.000 ft permitía descartar una hipoxia hipobárica.

---

<sup>44</sup> Equivalente a una altitud de cabina de -11.224 ft, donde el valor negativo hace referencia a altitudes por debajo del nivel del mar.

<sup>45</sup> Equivalente a una altitud de cabina de -9.398 ft.

Por lo tanto, la investigación se centró en la posible presencia de alguna sustancia que hubiese producido los síntomas en la tripulación. Para esta situación de una hipoxia por intoxicación se planteó:

- La capacidad de detección de estas sustancias, y
- La identificación de posibles sustancias presentes en una aeronave que no produzcan signos evidentes de su presencia (humo, olor o irritación)<sup>46</sup>.

Según la información proporcionada por el CIMA es prácticamente imposible, si no se busca específicamente, detectar la presencia de sustancias inhaladas en los exámenes médicos rutinarios. En el caso del incidente no se hizo análisis de sangre a ningún pasajero. Además, aquellos que fueron tratados por un médico, se quejaron de lo último que les había ocurrido que era la despresurización de la aeronave, por lo que la exploración médica y las pruebas complementarias se centraron en esta situación.

Teniendo en cuenta que tanto pilotos como TCPs reportaron tener problemas similares, se identificaron los puntos en común. El sistema de aire acondicionado funcionó normalmente, lo que supone que el aire que respiraron los pilotos durante el vuelo provenía del aire sangrado del motor izquierdo, siendo éste el único punto en común desde el punto de vista del sistema de aire acondicionado entre la cabina de pilotos y la de pasaje.

Se revisaron las acciones de mantenimiento específicas a este motor, en concreto lavados de motor<sup>47</sup> la noche del 6 al 7 de septiembre. No se realizó ningún lavado al motor izquierdo ni al derecho esa noche. Tampoco se realizó ninguna acción al aire acondicionado o al sistema neumático del avión.

Como parte de las actuaciones sobre la aeronave se revisaron los procedimientos y los productos de limpieza que se utilizaron para limpiar la aeronave la noche anterior al vuelo del incidente. No se detectó ningún producto que hubiese podido generar los síntomas que reportó la tripulación y además, se confirmó que la limpieza se hizo únicamente a la cabina de pasaje y no entraron a la cabina de pilotos. La última limpieza interna completa se realizó el 2 de agosto de 2012.

Se descartaron limpiezas externas de la aeronave que hubiesen podido permitir la entrada de alguna sustancia a la aeronave a través de alguna entrada o toma incorrectamente protegida. La aeronave no se limpió externamente el día antes del vuelo. El último lavado externo se había realizado el 4 de agosto de 2012.

El aire que se respira en cabina de pasaje pasa por las bodegas de carga y es recirculada. Aunque no hubiese explicado los síntomas de los pilotos, pero sí los de la tripulación de cabina, se revisó la carga a bordo de la aeronave para poder descartar algún tipo de sustancia que hubiese podido contaminar el aire en la cabina.

---

<sup>46</sup> Las sustancias más frecuentes que pueden acceder a la cabina procedentes del sangrado de los motores son aceite, hidráulico o monóxido de carbono. En el caso de aceites de motor o hidráulico generalmente producen olor o irritación y su presencia es fácilmente detectable.

<sup>47</sup> Los lavados de motor utilizan sustancias que, a través del sangrado, han llegado a la cabina, y existen reportes de molestias. Estas sustancias suelen detectarse porque generan picor e irritación.

Se revisó el sistema de extinción de fuego de los motores, por utilizar halón, y se comprobó que no presentaban fugas. Igualmente se comprobó el extintor a bordo para descartar posibles pequeñas fugas que hubiesen podido pasar inadvertidas y para ello se revisó la variación de peso del extintor desde 2009 hasta después del incidente. No se evidenciaron evidencias de fuga ni variaciones de peso que justificasen los síntomas de la tripulación.

Aunque extremadamente improbable, se revisaron posibles incidencias con el NGS («Nitrogen Generator System»)<sup>48</sup> sin encontrar ningún problema. El diseño del sistema, además, hace poco probable, por encontrarse en una zona no presurizada, el acceso del nitrógeno a una zona presurizada.

Por último, se valoró la posibilidad de que la fuente contaminante hubiese tenido su origen durante la estancia en tierra, y no en vuelo, de la aeronave. El aeropuerto de Aena tenía registrado los servicios que utilizó la aeronave entre los días 6 y 7 de septiembre y el tiempo de uso. El operador tenía contratados todos los servicios (pasarela, 400 Hz y aire acondicionado) de los cuales no se usó el aire acondicionado pero sí el resto.

Respecto a la pasarela de acceso, no había ningún fallo reportado por esa aeronave ni por otras que lo utilizaron el día del incidente. Tampoco constaba en los registros de mantenimiento de la pasarela ningún problema al respecto.

#### 1.9.10. *Contribución del vuelo en modo manual a los síntomas de la tripulación*

Debido a que la hipoxia y el mareo por movimiento (motion sickness) presentan síntomas comunes<sup>49</sup>, se analizó la posible contribución del vuelo en modo manual a los síntomas de la tripulación.

Para ello, el fabricante utilizó la norma ISO 2631-1<sup>50</sup>, anexo D «Guide to the effects of vibration on the incidence of motion sickness» que proporciona una metodología para cuantificar la contribución del movimiento de un vehículo al mareo. Esta metodología proporciona una comparativa del vuelo respecto a otros vuelos y se basa en el principio de que las aceleraciones verticales oscilatorias de frecuencias cercanas a los 0,2 Hz (entre 0,1 y 0,5 Hz) son las que, según los estudios, parecen ser las más propensas a generar el mareo por movimiento en los humanos. Se utilizaron la velocidad y aceleración verticales del vuelo del incidente desde el despegue hasta FL210, y los mismos datos correspondientes al vuelo anterior (obtenido del QAR). Además se utilizaron datos de otros 25 despegues con piloto automático y sin turbulencias de este modelo de aeronave.

---

<sup>48</sup> Este sistema proporciona aire enriquecido con nitrógeno a los tanques de combustible para evitar explosiones.

<sup>49</sup> Los síntomas del mareo por movimiento son la palidez y/o rubor facial, sudoración fría, las arcadas y los vómitos. El principal síntoma son las náuseas. Hay otros síntomas: malestar estomacal, sensación de mareo, bostezos, sensación de calor y aumento de la salivación. Existe una gran variabilidad individual en cuanto a la sensibilidad al estímulo, la duración de los síntomas y la intensidad de los mismos.

<sup>50</sup> La norma ISO 2631 se emplea internacionalmente para la evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Su propósito es definir métodos de cuantificación de estas vibraciones en relación con la salud humana y el bienestar, la probabilidad de percepción de las vibraciones y la incidencia del mal de movimiento (mareo).

La metodología define un parámetro, el MSDV (motion sickness dosage value), que la ISO relaciona con la probabilidad de sufrir mareo por movimiento.

Las conclusiones de este estudio fueron:

- La presencia de aceleraciones verticales en la frecuencia que se conoce como «inductora» del mareo por movimiento fue 2,5 veces mayor en el vuelo del incidente que en vuelo anterior, particularmente en las primeras fases del despegue.
- El despegue del incidente fue diferente respecto a los otros 25 vuelos analizados, con valores de MSDV 6,16 m/s<sup>1,5</sup> respecto a la media de 3,74 m/s<sup>1,5</sup>.
- El MSDV para un vuelo de un B767 con turbulencia severa mostró un valor MSDV de 25 m/s<sup>1,5</sup>.

### 1.9.11. *Síndrome aerotóxico*

Actualmente existen diversos estudios<sup>51</sup> sobre lo que se ha llamado Síndrome Aerotóxico. Se basa en una serie de síntomas que diversos tripulantes y pasajeros han reportado en relación con agentes contaminantes a los que, posiblemente, hayan estado expuestos durante un vuelo. Entre los síntomas asociados al síndrome se encuentran la desorientación, el dolor de cabeza, la debilidad, el mareo o problemas de coordinación, entre otros. Alguno de los afectados ha experimentado estos síntomas durante un largo periodo de tiempo, mientras que otros han comunicado una recuperación rápida. Aun así los estudios médicos al respecto no han determinado claramente la relación de los posibles agentes contaminantes presentes en una aeronave en vuelo con los síntomas que los afectados han declarado tener.

## 1.10. Información adicional

### 1.10.1. *Listas de chequeo*

Las listas de chequeo (non-normal checklist) que usó la tripulación para gestionar los avisos y la emergencia fueron las siguientes: SPEED TRIM FAIL, A/P DISENGAGE, CABIN ALTITUDE WARNING or Rapid Depressurization y EMERGENCY DESCENT.

El manual de operaciones de Ryanair contiene lo siguiente en cuanto a la aplicación de las non-normal checklist:

- Se deben aplicar una vez que la trayectoria y la configuración de la aeronave está establecida, a excepción de aquellas situaciones que requieren respuesta inmediata (como es el caso de la cabin altitude warning).

---

<sup>51</sup> Mohamed B. Abou-Donia. «Autoantibodies to nervous system-specific proteins are elevated in sera of flight crew members: biomarkers for nervous system injury».

Rober Harrison. «Exposure to aircraft bleed air contaminants among airline workers».

Chris Winder, Jean-Christophe Balouet. «Aerotoxic syndrome: adverse health effects following exposure to jet oil mist during commercial flights».

Professor Michael Bagshaw. «Health effects of contaminants in aircraft cabin air».

- La trayectoria del vuelo nunca debe ser comprometida.
- Los memory ítems son pasos críticos que se deben hacer antes de leer la lista. Ambos pilotos deben hacer los memory ítems en sus áreas de responsabilidad sin demora. El último paso está marcado con el símbolo de separación.
- Los non-memory ítems son acciones que deben hacerse mientras se lee la lista.
- El piloto o los mandos pide la lista de chequeo cuando la trayectoria está bajo control, nunca en fases críticas del vuelo y cuando los memory ítems se han hecho.
- El piloto o los mandos lee en voz alta el título de la lista, la condición, etc.
- Cuando la lista de chequeo tiene memory ítems, el piloto o los mandos primero verifica que cada ítem se ha hecho y lee en voz alta esta verificación. Los non-memory ítems son leídos también por el piloto o los mandos.
- Cada lista de chequeo tiene un símbolo de completa al final de la lista. Este símbolo puede estar en el medio y sólo ocurre cuando una lista se divide en dos o más alternativas.
- Después de terminar la non-normal checklist, el piloto o los mandos debe decir «non-normal checklist complete».

La simbología utilizada en las listas de chequeo es la siguiente:

- Lista de chequeo completa.



- Redirección: con las palabras «Go to» redirección a otra lista.



- Separación: separa los memory ítems del resto.



- Decisión: identifica posibles opciones con las palabras «choose one:».

Choose one:



### 1.10.2. Lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING y EMERGENCY DESCENT

La lista de chequeo que utilizó la tripulación tras la emergencia fue la CABIN ALTITUDE WARNING or Rapid Depressurization non-normal checklist. La lista, tal cual utilizan las tripulaciones, ocupa dos páginas (figura 8) y consta de 6 puntos. De los 6, los 5 primeros

<div style="text-align: center;"> <p>737 Flight Crew Operations Manual <span style="float: right;">2.1</span></p> </div> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <b>CABIN ALTITUDE WARNING or Rapid Depressurization</b> </div> <p><b>CABIN ALTITUDE</b> (If installed and operative)</p> <p>Condition: One or more of these occur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A cabin altitude exceedance</li> <li>• In flight, the intermittent cabin altitude/configuration warning horn sounds or a CABIN ALTITUDE light (if installed and operative) illuminates.</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Don oxygen masks and set regulators to 100%.</li> <li>2 Establish crew communications.</li> <li>3 Pressurization mode selector . . . . . MAN</li> <li>4 Outflow VALVE switch . . . . . Hold in CLOSE until the outflow VALVE indication shows fully closed</li> <li>5 <b>If</b> cabin altitude is <b>not</b> controllable:              Passenger signs . . . . . ON  <b>If</b> the cabin altitude exceeds or is expected to exceed 14,000 feet:              PASS OXYGEN switch . . . . . ON</li> </ol> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>▶▶ Go to the Emergency Descent checklist on page 0.1</p> <p style="text-align: center;">■ ■ ■ ■</p> </div> <p style="text-align: center;">- - - - -</p> <div style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 2px;">             ▼ Continued on next page ▼         </div> <p style="font-size: small;">Boeing Proprietary. Copyright © Boeing. May be subject to export restrictions under EAR. See title page for details.          April 28, 2011      D6-27370-8AS-RYR(AS)      2.1</p>	<div style="text-align: center;"> <p>737 Flight Crew Operations Manual <span style="float: right;">2.2</span></p> </div> <div style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 2px; margin: 10px 0;">             ▼ CABIN ALTITUDE WARNING or Rapid Depressurization continued ▼         </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>6 <b>If</b> cabin altitude is <b>controllable</b>:              Continue manual operation to maintain correct cabin altitude.  <b>When</b> the cabin altitude is at or below 10,000 feet:              Oxygen masks may be removed.              ■ ■ ■ ■</li> </ol> <p style="text-align: center;">- - - - -</p> <div style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 2px;">             ▼ Emergency Descent continued ▼         </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>9 Crew oxygen regulators. . . . . Normal              Flight crew must use oxygen when cabin altitude is above 10,000 feet. To conserve oxygen, move the regulator to Normal.</li> <li>10 ENGINE START switches (both) . . . . . As needed</li> <li>11 The new course of action is based on weather, oxygen, fuel remaining and available airports. Use of long range cruise may be needed.              ■ ■ ■ ■</li> </ol> <p style="text-align: center;">- - - - -</p> <div style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 2px;">             ▼ Continued on next page ▼         </div> <p style="font-size: small;">Boeing Proprietary. Copyright © Boeing. May be subject to export restrictions under EAR. See title page for details.          2.2      D6-27370-8AS-RYR(AS)      April 27, 2010</p>
<div style="text-align: center;"> <p>737 Flight Crew Operations Manual <span style="float: right;">0.1</span></p> </div> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <b>Emergency Descent</b> </div> <p>Condition: One or more of these occur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabin altitude cannot be controlled when the airplane is above 14,000 feet</li> <li>• A rapid descent is needed.</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Announce the emergency descent. The pilot flying will advise the cabin crew, on the PA system, of impending rapid descent. The pilot monitoring will advise ATC and obtain the area altimeter setting.</li> <li>2 Passenger signs . . . . . ON</li> <li>3 <b>Without delay</b>, descend to the lowest safe altitude or 10,000 feet, whichever is higher.</li> <li>4 ENGINE START switches (both) . . . . . CONT</li> <li>5 Thrust levers (both) . . . . . Reduce thrust to minimum or as needed for anti-ice</li> <li>6 Speedbrake . . . . . FLIGHT DETENT</li> </ol> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>If structural integrity is in doubt, limit speed as much as possible and avoid high maneuvering loads.</p> </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>7  Set target speed to Mmo/Vmo.</li> </ol> <p style="text-align: center;">- - - - -</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8 <b>When</b> approaching the level off altitude:              Smoothly lower the SPEED BRAKE lever to the DOWN detent and level off. Add thrust and stabilize on altitude and airspeed.</li> </ol> <p style="text-align: center;">- - - - -</p> <div style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 2px;">             ▼ Continued on next page ▼         </div> <p style="font-size: small;">Boeing Proprietary. Copyright © Boeing. May be subject to export restrictions under EAR. See title page for details.          April 24, 2009      D6-27370-8AS-RYR(AS)      0.1</p>	<div style="text-align: center;"> <p>737 Flight Crew Operations Manual <span style="float: right;">0.2</span></p> </div> <div style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 2px; margin: 10px 0;">             ▼ Emergency Descent continued ▼         </div> <p style="text-align: center;">- - - - -</p> <div style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 2px;">             ▼ Continued on next page ▼         </div> <p style="font-size: small;">Boeing Proprietary. Copyright © Boeing. May be subject to export restrictions under EAR. See title page for details.          0.2      D6-27370-8AS-RYR(AS)      April 24, 2009</p>

memory items

Figura 7. Listas non-normal CABIN ALTITUDE WARNING y EMERGENCY DESCENT

son puntos a realizar de memoria (sin necesidad de utilizar el QRH), y el 5° y el 6° son dos opciones a elegir. El 6° está en una página separada y el 5° es parte de los pasos a memorizar.

A pesar de que después del 4° paso se presenta un punto de decisión, la lista de chequeo utiliza el término «IF» en vez del símbolo de decisión con las palabras «CHOOSE ONE». La razón de ello, según la información proporcionada por Boeing, es que los estudios de factores humanos realizados durante el desarrollo de las listas mostraron que las tripulaciones tenían mayores dificultades en memorizar las secuencias «CHOOSE ONE» que las secuencias IF. Por este motivo, para facilitar su memorización, en los puntos a memorizar de las listas no se utiliza la fórmula «CHOOSE ONE» sino la fórmula «IF».

### 1.10.3. *Procedimiento Land Verify Test*

El procedimiento del Land Verify Test que se realizó la noche antes del incidente, de acuerdo con el Manual de Mantenimiento, contiene los siguientes pasos:

- (D) Preparación de la aeronave para el test:
  - (2) Abrir el disyuntor LANDING GEAR AURAL WARN CB e instalar una bandera de seguridad.
  - (3) Colocar el interruptor AUTOPILOT STAB TRIM SWITCH en la posición CUTOUT.
- (F) Poner la aeronave de vuelta a su condición habitual:
  - (2) Quitar la bandera y cerrar el disyuntor LANDING GEAR AURAL WARN CB.
  - (3) Colocar el interruptor AUTOPILOT STAB TRIM SWITCH en la posición NORMAL.

### 1.10.4. *TAKEOFF CONFIG WARNING y CABIN ALTITUDE WARNING*



La aeronave EI-EKV tenía instalado un aviso visual para el TAKEOFF CONFIG y otro distinto para el CABIN ALTITUDE<sup>52</sup>. Además del aviso visual, cuando cualquiera de estas dos situaciones (altitud de cabina por encima de 10.000 ft o aeronave mal configurada) se producía, se activaba una bocina intermitente (intermittent warning horn) que era igual para ambos avisos.

---

<sup>52</sup> Esta diferenciación no siempre ha existido y se implementó a consecuencia del accidente de HELIOS AIRWAYS, vuelo HCY522, Boeing 737-31S el 14 agosto de 2005.

El diseño del sistema es tal que el aviso de TAKEOFF CONFIG nunca se puede producir en vuelo, por lo que la activación de la bocina en vuelo debe ser siempre asociada a una altitud excesiva de la cabina. A pesar de esta situación excluyente, este sistema, como describe el fabricante en su manual de entrenamiento, produce situaciones de confusión en las tripulaciones e incluso retrasos en el inicio del procedimiento adecuado (CABIN ALTITUDE WARNING or Rapid Depressurization Non-normal checklist)<sup>53</sup>.

En los manuales del operador se incide sobre esta condición excluyente y sobre el hecho de que ambos avisos utilizan el mismo aviso acústico.

### 1.10.5. *Acciones de Ryanair tras el incidente*

Tras el incidente, el operador tomó acciones en los siguientes ámbitos:

- Recordar a las tripulaciones y al personal de mantenimiento la necesidad de anotar en los partes de vuelo todas las incidencias y actuaciones sobre las aeronaves.
- Recordar al personal de mantenimiento la necesidad de dejar las aeronaves correctamente configuradas tras acciones de mantenimiento.
- Formación a la tripulación en los siguientes ámbitos:
  - Despresurización y descenso de emergencia.
  - Uso de listas de chequeo.
  - Indicaciones y funcionamiento del sistema de presurización en modo normal y manual.
  - Toma de decisiones.
- La tripulación del incidente recibió un Line Check (entrenamiento en línea) y un Line Proficiency Check.
- Las tripulaciones de vuelo fueron formadas sobre los casos en los que un piloto puede abandonar su asiento.
- Recordar a los tripulantes de cabina que no pueden quitarse las mascararas hasta que reciban la indicación de los pilotos.
- Considerar la posible inclusión en la lista de chequeo EMERGENCY DESCENT de un procedimiento de despresurización de la aeronave una vez se ha finalizado el descenso.

---

<sup>53</sup> Tras el accidente del HELIOS, se realizaron modificaciones tanto en el sistema como en los procedimientos para evitar confusiones sobre el tipo de emergencia.

## 2. ANÁLISIS

El sistema de presurización de la aeronave EI-EKV funcionó correctamente durante el vuelo del incidente. El sistema estaba funcionando en modo automático y la presurización de la cabina durante el rodaje, despegue y ascenso se realizó de acuerdo a los patrones preestablecidos. En el momento del incidente, la altitud de cabina era de 3.774 ft. Sin embargo, sin haberse producido ningún contacto entre ambas cabinas, el sobrecargo contactó con el comandante y le informó sobre el malestar físico que sentía la tripulación de cabina. Esta llamada confirmó su sensación de malestar físico. Tras la llamada del sobrecargo el comandante decidió declarar emergencia, detener el ascenso, iniciar el procedimiento de CABIN ALTITUDE WARNING, a pesar de que este aviso no se había activado, y regresar al aeropuerto de Madrid-Barajas.

En el análisis de este incidente se han considerado los siguientes aspectos:

- La acción de mantenimiento el día anterior sobre la aeronave que dejó ésta mal configurada y no fue detectado ni corregido en su totalidad antes del vuelo.
- Los problemas aparecidos desde el inicio del vuelo con la aeronave que pudieron producir una desconfianza de la tripulación en la aeronave.
- La naturaleza de la emergencia: la falta de evidencias sobre problemas en la presurización y sobre la presencia de sustancias o elementos en la aeronave que hubiesen provocado los síntomas en la tripulación.
- La gestión de la emergencia con una buena y rápida coordinación entre ambas cabinas, la toma de acciones inmediatas por parte del comandante y la aplicación del procedimiento CABIN ALTITUDE WARNING.
- La gestión del resto del vuelo en el que la tripulación mantuvo la calma, requirió el tiempo necesario para configurar la aeronave y asegurar la toma y donde se produjo la sobrepresurización y despresurización de la cabina.

### 2.1. Estado de la aeronave antes del vuelo

La revisión del historial de la aeronave y las acciones de mantenimiento sobre ella no mostraron ningún indicio de sucesos o problemas similares al ocurrido en el incidente.

El día antes del incidente, la aeronave fue objeto de un test (Land Verify Test) de mantenimiento del que no quedó constancia escrita. La base estaba en periodo de transición del mantenedor anterior al nuevo, el mecánico que la realizó había llegado unas horas antes de Irlanda y era su primer día de trabajo en la base. Estaba recibiendo continuamente llamadas, recordaba estar ocupado y tenía que organizar el trabajo de la base esa noche.

Además de no realizar ninguna anotación, el test no se hizo completo de acuerdo a las instrucciones del manual de mantenimiento que incluían restaurar la configuración de

la aeronave y utilizar banderines de señalización para el disyuntor. Ni se restauró la configuración de la aeronave ni se utilizaron banderines de señalización que, de haber sido así, hubiesen ayudado a la detección de la posición inadecuada del disyuntor. La aeronave quedó con un disyuntor saltado situado en el panel detrás del asiento del copiloto y con un interruptor, situado en el pedestal, en incorrecta posición.

Después de esta acción de mantenimiento, la aeronave fue revisada por el mecánico que hizo la RAMP 1, por la tripulación que realizó las inspecciones previas al vuelo, por el mecánico que llegó antes del vuelo para solucionar el problema del TAKEOFF CONFIG y por el jefe de turno de mañana, que detectó el disyuntor saltado. Es posible que si hubiese estado anotado el test, el jefe de turno hubiese sospechado que podía haber más elementos afectados. El interruptor no fue detectado en ninguna de estas cuatro ocasiones a pesar de que la tripulación, como parte de la lista de chequeo BEFORE START, revisó precisamente este interruptor «STAB TRIM CUTOUT... NORMAL». Esta comprobación se leyó pero no se hizo realmente y el interruptor se quedó en la posición de CUTOUT. A pesar de estar en el pedestal este interruptor no suele actuarse ni modificarse por las tripulaciones.

Más tarde, cuando en el ascenso aparecieron los problemas asociados con el autopiloto y el SPEED TRIM FAIL, la tripulación no fue capaz de asociar estos fallos con el interruptor en el pedestal. Tampoco las listas de procedimientos no normales a aplicar en ambos casos indicaban la revisión de ningún interruptor o disyuntor en concreto, debido a que pueden ser muchas las causas que originan estos avisos.

### 2.2. El vuelo hasta la declaración de emergencia

Desde la llegada de la tripulación a la aeronave hasta la declaración de la emergencia se sucedieron una serie de problemas técnicos a consecuencia de la acción de mantenimiento que se había hecho la noche anterior. La aeronave quedó con un disyuntor saltado y con un interruptor en la posición de cortado. El primero inhibía un aviso acústico y el segundo impedía la conexión del piloto automático.

Cuando la tripulación empezó con la preparación de la aeronave, apareció el primer problema asociado con el disyuntor. El mecánico que llegó para solucionarlo transmitió a la tripulación que era muy nuevo y que no sabía qué pasaba. Cuando llegó el jefe de turno, rápidamente detectó el disyuntor saltado, pero se fue en seguida y se quedó en la cabina el primer mecánico de menos experiencia. El problema que habían tenido había sido con el aviso acústico del TAKEOFF CONFIG, que, casualmente, era el mismo aviso que informaba sobre condiciones de altitud de cabina por encima de 10.000 ft. La tripulación era consciente que este aviso, el mismo que el del CABIN ALTITUDE, no funcionó en tierra y de hecho el comandante, durante la revisión de emergencias, lo mencionó explícitamente «if we have the intermittent warning horn, which is not working yet...» Cuando, más tarde en el vuelo, la tripulación se sintió mal, asoció el

problema que habían tenido en tierra y consideraron que les estaba pasando lo mismo, es decir, que el aviso acústico les había vuelto a fallar al igual que había pasado en tierra «we didn't have this configuration warning because, I suppose, because of the problem we had on the ground».

Al minuto y 53 segundos del despegue empezaron los problemas relacionados con el segundo interruptor que no había sido colocado correctamente tras las acciones de mantenimiento la noche anterior. La posición de este interruptor provocó la activación del aviso luminoso del MASTER CAUTION en tres ocasiones hasta la declaración de la emergencia, y la incapacidad de la tripulación para conectar el piloto automático. En diez minutos que habían transcurrido desde el despegue, la tripulación no había tenido más que problemas con la aeronave.

Este cúmulo de sucesos:

- Inoperatividad en tierra del aviso acústico del TAKEOFF CONFIG,
- Coincidencia del aviso de CABIN ALTITUDE con el del TAKEOFF CONFIG,
- Atención de la aeronave en tierra por un mecánico con poca experiencia,
- Tres avisos de MASTER CAUTION en diez minutos de vuelo, y la
- Incapacidad para conectar el piloto automático,

contribuyó a que la tripulación probablemente desconfiara del estado de la aeronave y a pensar que el aviso de excesiva altitud de cabina no estaba funcionando.

### 2.3. La emergencia

No se encontró ningún indicio de mal funcionamiento en el sistema de presurización durante el vuelo ni durante los vuelos anteriores analizados. Tampoco se activó el aviso por excesiva altitud de cabina (CABIN ALTITUDE WARNING) ya que esta condición nunca llegó a producirse. Las sensaciones reportadas por la tripulación no fueron consecuencia de la falta de oxígeno en la aeronave ya que la altitud de cabina nunca estuvo por encima de 10.000 ft y la aeronave no estuvo expuesta suficiente tiempo a altitudes de vuelo por encima de 10.000 ft como para haber provocado hipoxia hipobárica. Todas las opciones valoradas (limpieza externa, limpieza interna, lavados de motor, sistema neumático, sistema de presurización, carga en la aeronave, extintores de cabina, extintores de motores y equipos utilizados en tierra), en cuanto a posibles fuentes contaminantes, no dieron ningún resultado positivo. Las revisiones y pruebas realizadas tras el incidente mostraron un funcionamiento y estado de la aeronave correcto y el incidente no volvió a repetirse en ninguno de los vuelos posteriores.

La presencia de contaminantes inhalados es prácticamente imposible de detectar en los exámenes médicos rutinarios, sobre todo cuando no se buscan específicamente.

En este caso, además, la sobrepresurización y despresurización de la aeronave en el rodaje hizo que el pasaje fuese tratado, tras el incidente, por las molestias que acababan de aparecer, es decir, por los barotraumatismos. La valoración de los pacientes por el servicio médico del aeropuerto fue de «estar de pie y orientados», lo que parece indicar que, si hubo algún tipo de hipoxia por contaminación, esta no fue realmente extrema y la aplicación inmediata de las máscaras de oxígeno al pasaje contribuyó a minimizar los efectos. Respecto a esta hipótesis, se menciona el síndrome aerotóxico como síndrome actualmente en estudio ya que presenta una casuística similar a la del incidente.

La investigación valoró una tercera hipótesis además de la hipoxia y fue la del mareo por movimiento, teniendo en cuenta que el vuelo se realizó sin estar conectado el piloto automático. La aplicación de la ISO 2631-1 mostró que, comparado con un vuelo realizado con el piloto automático, el vuelo del incidente presentaba una mayor presencia de aceleraciones verticales en la frecuencia «inductora al mareo» (0,2 Hz), lo cual parece lógico. Un vuelo en modo manual no es igual de estable que un vuelo con piloto automático. Sin embargo, la comparación del vuelo del incidente con respecto a un vuelo con turbulencias lo situó en un valor inferior. Además, no es frecuente que personas que están acostumbradas a volar en todo tipo de condiciones meteorológicas, con un comandante con experiencia en acrobacia, se mareen en un vuelo y todas a la vez, aunque esté realizado en modo manual. Era muy pronto, las 7 de la mañana, y las condiciones meteorológicas a esas horas indicaban una atmósfera «tranquila» sin fenómenos convectivos.

Como última posibilidad, se plantea el hecho de que se hubiese dado un proceso de sugestión entre la tripulación de cabina en el que los síntomas del mareo por movimiento hubiesen sido más intensos. La alarma de la tripulación de cabina se pudo unir a una merma en el estado físico del comandante por haberse levantado a revisar el panel de disyuntores. Tampoco esta posibilidad ha podido confirmarse y se considera poco probable, tanto por la experiencia del comandante y del resto de la tripulación, como porque no explicaría los síntomas en el copiloto, que había estado sentado.

En conclusión:

- Se ha podido descartar la hipoxia hipobárica en el vuelo del incidente.
- No se han encontrado evidencias de contaminantes que hubiesen producido una «hipoxia por intoxicación», aunque
  - si realmente ocurrió, la hipoxia fue leve porque no tuvo importantes repercusiones y se trató de inmediato con el procedimiento de descenso y el oxígeno.
  - son difícilmente detectables con los exámenes médicos rutinarios, y
  - los pasajeros y tripulantes de cabina fueron tratados por los síntomas que padecían, debidos a los barotraumatismos, no manifestando en ningún momento síntomas achacables a una intoxicación de ningún tipo.

- Se han encontrado evidencias de una mayor presencia de aceleraciones verticales que pueden provocar «mareo por movimiento» en comparación con un vuelo realizado con el piloto automático conectado, aunque:
  - comparado con un vuelo en turbulencias la presencia es menor,
  - no es frecuente que personas habituadas a volar profesionalmente se mareen todas a la vez, en condiciones meteorológicas favorables, realizando al mismo tiempo tareas distintas y teniendo en cuenta la variabilidad en la susceptibilidad al mareo,
  - el comandante tenía experiencia en vuelos de acrobacia, aunque se había levantado de su asiento para revisar un panel.

A pesar de la falta de evidencias claras que permitan explicar con certeza lo ocurrido en el vuelo del incidente, el hecho fue que varias personas (los dos pilotos por un lado y los tripulantes de cabina número 1 y 2 de forma más contundente), acostumbradas a volar rutinariamente, sin haber tenido comunicación previa, coincidieron en las sensaciones físicas que les estaban ocurriendo. Si además de que los síntomas eran coincidentes con los síntomas de la hipoxia, se le añade el hecho de los continuos problemas en el ascenso con la aeronave, la inoperatividad del aviso acústico asociado al CABIN ALTITUDE que habían tenido en tierra y del que era consciente la tripulación y la asistencia de un mecánico con poca experiencia, es comprensible que la tripulación pensara que estaba pasando algo con el sistema de presurización y que no se podían fiar de la aeronave.

#### **2.4. La gestión de la emergencia**

Independientemente de la causa que originó el malestar físico de la tripulación (hipoxia, mareo, sugestión o una combinación de ambas), a los diez minutos del despegue la tripulación de cabina sintió que algo estaba pasando y que las sensaciones que estaban teniendo no eran las habituales. Antes de llamar y alertar a la cabina de vuelo, se realizó una comprobación por parte del número 1 (sobrecargo) con los números 2 y 4, y ambos, en especial el número 2, le ratificaron sus sensaciones. Con esta confirmación el sobrecargo informó al comandante. Estas actuaciones por parte de la tripulación de cabina se consideran muy acertadas, sobre todo teniendo en cuenta las consecuencias para la seguridad del vuelo de una despresurización.

Por su parte, al comandante la llamada del sobrecargo le sirvió de confirmación de que algo ocurría. La orden inmediata de detener el ascenso tras la llamada sugiere que ya debía sentirse mal y que sus sensaciones debían ser similares a las descritas por el sobrecargo.

Se desconoce si miró el valor de la altitud de cabina, que en ese momento marcaba 3.774 ft. En sus declaraciones comandante y copiloto dijeron haber visto un valor anormal en el indicador pero no recordaban valor exacto. La hipoxia provoca una

disminución de las capacidades por lo que es posible que les costara realizar una lectura o incluso recordarla. En cualquier caso, la situación que se le planteó al comandante en ese momento fue la de un vuelo en el que la tripulación, sin previa comunicación entre sí, reportó sentir síntomas relacionados con la hipoxia, donde además, el aviso acústico asociado a la excesiva altitud de cabina no había funcionado en tierra. Incluso con valores normales de altitud de cabina, habría sido acertada la decisión de no asumir riesgos en esta situación.

Por lo tanto, se considera que la respuesta del comandante de detener el ascenso, declarar MAYDAY, desplegar las máscaras e iniciar inmediatamente el procedimiento de CABIN ALTITUDE WARNING or Rapid Depressurization fue la más adecuada para la situación en la que creían estar por los riesgos de incapacitación y pérdida de control que supone esta emergencia.

### 2.4.1. *Aplicación de la lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING*

La indicación inmediata del comandante de detener el ascenso tras la llamada de cabina de pasaje, sorprendió en un primer momento al copiloto que tenía baja experiencia. Tampoco habían hablado de cómo se sentían entre ellos antes de la llamada del sobrecargo, por lo que aparte de sus sensaciones no tenía ninguna información adicional. Las acciones del comandante fueron claras e inmediatas: detuvo el ascenso y declaró emergencia a ATC. Segundos después se desplegarían las máscaras de pilotos y pasaje y se sucederían inmediatamente el resto de acciones del procedimiento CABIN ALTITUDE WARNING, incluido el cierre de la válvula outflow.

Las siguientes comunicaciones mostraron al copiloto leyendo el paso 5 de la lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING. El resto de la lista se pudo escuchar literalmente, palabra por palabra, lo que significa que ya habían ejecutado los 5 memory ítems y estaban leyendo la lista, tal y como establece el procedimiento de ejecución de non-normal checklists del operador.

La aplicación de esta lista fue uno de los momentos críticos de este incidente ya que fue en este momento cuando la tripulación cerró la válvula outflow y la mantuvo cerrada hasta el final del vuelo provocando la posterior sobrepresurización y despresurización de la cabina.

La lista, como se muestra en el apartado 1.10.2, incluía la memorización de 5 pasos, siendo el 3 la activación del modo manual del sistema de presurización y el 4 el cierre completo de la válvula outflow, tal y como hizo la tripulación. El número 5, sin embargo, es un memory item pero de una de dos opciones que debe tomar la tripulación. La otra opción, el paso número 6, que era la condición que se daba en este incidente, no es un memory item y se encuentra en otra página distinta. Además, existe un fin de lista de chequeo (checklist complete) y una redirección a otra lista de chequeo después del

punto 5. Así, las tripulaciones memorizan la despresurización de cabina sólo en el caso de que la altitud de cabina no sea controlable.

En este caso, no se ha podido confirmar si la tripulación intentó comprobar si la altitud de cabina era controlable o no para poder discernir si la opción correcta era la 5 o la 6. Pero las comunicaciones posteriores sugieren que estaban seguros de que los 5 primeros pasos (los memory ítems) eran los que había que aplicar. La tripulación pensó que había aplicado el procedimiento correctamente y se centró en el resto de tareas de la emergencia: volar la aeronave, procedimientos, coordinación con ATC, información a la tripulación y configuración de la aeronave para asegurar la toma. Por eso el comandante se sorprendió tanto en la toma cuando vio que la cabina estaba presurizada.

Este error en la aplicación de la lista de chequeo es más significativo en una tripulación que mostró durante todo el vuelo, no sólo antes del incidente sino también después, una excelente disciplina y rigurosidad en la aplicación de todos los procedimientos y en la gestión del vuelo, con una identificación del inicio y final de cada lista, gestionando perfectamente las interrupciones de listas, priorizando la configuración de la aeronave antes que la toma inmediata y apresurada, reiniciando la lista en el caso de las interrupciones y aplicando la metodología PIOSEE cuando la gestión de la emergencia finalizó.

Durante todo el vuelo, y sobre todo tras la declaración de emergencia, el comandante claramente ejerció su función de líder tomando la iniciativa, organizando y comunicando cada una de sus acciones y sus intenciones al copiloto que, en todo momento, tuvo claro lo que tenía que hacer y qué pretendía el comandante («I'm back to you», «you have controls», «you keep the controls and I make the aircraft ready for the 33»). La tripulación estuvo en todo momento centrada en la aplicación rigurosa de las listas y compaginó las continuas comunicaciones con ATC con la gestión de la emergencia.

La gestión completa de la emergencia comprendió la aplicación de la lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING y, como consecuencia de ésta, la EMERGENCY DESCENT. Para completar la primera, la tripulación tardó 6 minutos 3 segundos. Para la segunda, 3 minutos 40 segundos. La razón fueron las continuas comunicaciones que se produjeron con ATC durante la emergencia y que obligaron a interrumpir las listas. El comandante fue el que realizó las comunicaciones con ATC (figura 4). Desde el punto de vista de ATC, la aeronave se encontraba en una zona de congestión de tráfico, como es la aproximación al aeropuerto de Madrid-Barajas, en una fase de vuelo de transición, donde gestionar un tráfico en emergencia implicaba muchas coordinaciones. Además, la tripulación que, por otra parte, estaba centrada en la emergencia que intentaba gestionar, tampoco dejó claras sus intenciones y las tuvo que ir concretando con cada llamada de ATC.

La intención de ATC desde el primer momento fue darle prioridad para la toma, autorizarle el descenso y direccionarle al aeropuerto. A los 2 minutos de declarar

emergencia, ATC le ofreció la posibilidad de un directo al aeropuerto y fue el comandante, que todavía estaba ejecutando la lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING, quien informó que requerían mantener altitud. A partir de ahí, los requerimientos del comandante a ATC fueron constantes: necesitaban más tiempo para completar la aproximación. ATC no esperó a que el comandante le llamara cuando estuviese listo, sino que fue el controlador quien, en varias ocasiones, volvió a preguntar por el tiempo que necesitaban.

La tripulación siguió las instrucciones de ATC en todo momento, y la única iniciativa que tomó fue la de detener el ascenso cuando ocurrió la emergencia, acción que informó a ATC junto con la declaración de emergencia. No inició el descenso hasta que no se lo autorizó ATC. ATC, por su parte, facilitó la realización de maniobras de espera todo el tiempo que requirió la aeronave.

### 2.5. La gestión del resto del vuelo

Con la aplicación del procedimiento CABIN ALTITUDE WARNING la tripulación cerró la válvula outflow completamente como define el punto 4 del procedimiento. Debido a que la aplicación de este procedimiento no fue correcta, esta válvula se mantuvo cerrada. En este caso, la opción debería haber sido la del paso 6 de la lista, que indicaba la actuación en manual de la válvula outflow para controlar la altitud en cabina.

Como consecuencia de que los packs de aire acondicionado siguieron funcionando y la válvula outflow estuvo cerrada, la cabina se sobrepresurizó. A los 2 minutos de producirse la declaración de emergencia, la altitud de cabina era de 0 ft, y la aguja del indicador de altitud de cabina estaría marcando el 0. A partir de ahí, se desconoce lo que pasó con la indicación de altitud de cabina y si se siguió moviendo en sentido antihorario, ya que no está diseñada para indicar altitudes por debajo de 0 ft. La tripulación estaba ocupada aplicando la lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING y EMERGENCY DESCENT, gestionando las llamadas de ATC y volando en manual la aeronave. A pesar de que no se escuchó ninguna referencia a la altitud de cabina, a las 07:50:52 h, durante el descenso el comandante interrumpió la lista de chequeo EMERGENCY DESCENT para decir «we are at ten thousand feet, I suggest you to remove you mask...». Esta interrupción se producía con la aeronave a 6.000 ft de altitud aproximadamente y con una presión de 20,4 psi, equivalente a una altitud de cabina de -9.398 ft. Es decir, los «ten thousand feet» se referían a la altitud de cabina y, por lo tanto, el comandante sí debía estar monitorizando la altitud de cabina y esperó a que la aguja cruzara el umbral del 10 (10.000 ft) en el indicador para interrumpir la lista de chequeo y quitarse las máscaras. Esto también sugiere que la aguja se estaba moviendo en sentido antihorario y el comandante vio cómo descendía la altitud de cabina.

Durante el rodaje, la cabina estaba sobrepresurizada y las variaciones de presión de cabina fluctuaron enormemente provocando las molestias en los oídos en el pasaje y en

la tripulación. Fue entonces cuando el comandante hizo el siguiente comentario sobre la altitud de cabina y reportó verla por encima de 10.000 ft.

Estas dos lecturas sobre la altitud parecen indicar que la aguja indicaba, aproximadamente, el valor de la altitud en positivo, es decir, si esto se mantuvo durante el resto del vuelo, la indicación de cabina estaba en el entorno de los 10.000 ft. A partir de los 2 minutos tras la declaración de la emergencia, el indicador no era fiable ya que empezó a marcar altitudes inferiores a 0 ft, pero la tripulación no tenía forma de saberlo. Como contraposición, la actualización sobre la situación en la cabina de pasaje durante el briefing NITS con el sobrecargo, le indicaba que todo estaba bien y tranquilo.

Los comentarios del comandante indicaban que no entendía qué estaba pasando. Estaba seguro de que el procedimiento se había aplicado correctamente y no entendía el comportamiento de la altitud de cabina.

Fue en este momento cuando el comandante decidió apagar los packs de aire acondicionado y actuar sobre la válvula outflow iniciando la despresurización de la cabina. Este proceso duró 1 minuto y 27 segundos durante los cuales se alcanzó el máximo régimen de variación de presión de cabina que registra el sistema: 6.350 slfpm. Este proceso de despresurización de la cabina en este periodo de tiempo fue el que originó los barotraumatismos en el pasaje.

La presión diferencial de la cabina se mantuvo alta también durante el vuelo y las válvulas de alivio actuaron ya que se alcanzaron los valores máximos a partir de los cuales entran en funcionamiento para evitar daños estructurales a la aeronave. Desde el punto de vista del sistema de presurización, no hubo ningún mal funcionamiento del mismo.

La gestión de la emergencia por parte del aeropuerto fue rápida y adecuada. Los servicios al pasaje y la aeronave fueron adecuados y se habían activado los servicios de necesarios.

El operador tomó acciones sobre todos los aspectos analizados en este incidente por lo que no se considera necesaria la emisión de ninguna recomendación de seguridad.



### 3. CONCLUSIONES

#### 3.1. Constataciones

- La aeronave era apta para realizar el vuelo.
- La tripulación contaba con licencias y certificados médicos válidos y en vigor.
- La tripulación había descansado el día anterior.
- Las condiciones meteorológicas eran buenas y no había fenómenos convectivos.

#### Aeronave

- La aeronave había sido objeto de una acción de mantenimiento no registrada la noche anterior que dejó un disyuntor y un interruptor en incorrecta posición.
- La incorrecta posición del disyuntor (LANDING GEAR AURAL WARNING CIRCUIT BRAKER) impedía el funcionamiento del aviso acústico del TAKE OFF CONFIG.
- El aviso acústico del TAKEOFF CONFIG es el mismo que el aviso de CABIN ALTITUDE WARNING.
- La posición del disyuntor fue detectada y corregida antes del despegue.
- La incorrecta posición del interruptor (STAB TRIM SWITCH) impedía la conexión del piloto automático.
- La posición del interruptor no fue detectada antes del despegue y produjo la activación continua del MASTER CAUTION durante el vuelo.
- Se produjeron 20 activaciones del MASTER CAUTION durante el vuelo: tres antes de la declaración de emergencia y 17 después.
- El vuelo se produjo en modo manual, sin piloto automático.
- El mantenimiento en la base de Madrid estaba en proceso de transición debido a un cambio en el mantenedor una semana antes del incidente.
- El técnico de mantenimiento que atendió la aeronave la noche anterior acababa de llegar a Madrid unas horas antes.

#### Vuelo

- Tras el despegue, debido a la posición incorrecta del STAB TRIM SWITCH, se activó el MASTER CAUTION en tres ocasiones y el piloto automático no se pudo conectar.
- Durante el ascenso, el comandante se levantó para intentar solucionar el problema con la conexión del piloto automático.
- A los 10 minutos del despegue, la tripulación de cabina informó al comandante que se encontraban mal. Los pilotos tenían las mismas sensaciones
- Los síntomas reportados por la tripulación eran coherentes con los de la hipoxia.
- No hubo activación del CABIN ALTITUDE WARNING, aunque funcionaba correctamente, ya que no se dieron las condiciones para que se activase.

- La máxima altitud de cabina fueron 3.774 ft y el sistema de presurización de la aeronave funcionó correctamente.
- La actuación de la tripulación de cabina fue coordinada, rápida y acertada para la situación.
- La decisión de la tripulación de vuelo de detener el ascenso, desplegar las máscaras de oxígeno, declarar emergencia y regresar a Madrid, fue acertada para la situación en la que creían estar.
- La aeronave declaró emergencia, inició el procedimiento CABIN ALTITUDE WARNING y regresó a Madrid-Barajas.
- Se ha descartado la hipoxia hipobárica.
- La válvula outflow se mantuvo cerrada desde la declaración de emergencia hasta el final del vuelo.
- A partir de los 2 minutos después de declaración de la emergencia, la indicación de altitud de cabina se situó por debajo de 0 ft.
- El indicador de altitud de cabina no está preparado para indicar altitudes por debajo de 0 ft.
- En el rodaje en Madrid, la elevada presión en cabina produjo que las válvulas de alivio se abrieran debido a que se alcanzaron los máximos valores de presión diferencial.
- La tripulación no entendió qué estaba sucediendo con la altitud de cabina durante el rodaje.
- La despresurización de la cabina desde 22,59 psi hasta la presión en Madrid-Barajas se produjo en 1 minuto y 27 segundos. Este proceso fue el que produjo los barotraumatismos en el pasaje y las molestias en el comandante.

### Después del vuelo

- No hubo evacuación de emergencia.
- Se activó alerta local en el aeropuerto de Madrid-Barajas y la aeronave fue atendida adecuadamente.
- Se atendieron 4 pasajeros en el avión.
- El servicio médico del aeropuerto atendió un total de 16 personas. 2 de ellas fueron trasladadas al Hospital Ramón y Cajal.
- Los tripulantes de cabina fueron atendidos por el servicio médico. Los pilotos no acudieron al servicio médico del aeropuerto.
- El servicio de control de tránsito aéreo dio prioridad a la aeronave para la toma y facilitó las esperas que requirió.

### 3.2. Causas/Factores contribuyentes

No se ha podido determinar la causa de los síntomas reportados por varios miembros de la tripulación (por los dos pilotos y, de forma más contundente, por dos de los cuatro tripulantes de cabina) en el vuelo de la aeronave EI-EKV. Las hipótesis que se han

determinado como posibles han sido la hipoxia por intoxicación, el mareo por movimiento, la sugestión entre miembros de la tripulación o una combinación de estas dos últimas.

Como posibles factores contribuyentes en el incidente y en la gestión de la emergencia se consideran:

- la sospecha de mal funcionamiento, por parte de la tripulación, de la aeronave que había dado continuos problemas desde el despegue y, en concreto, en el correcto funcionamiento del aviso acústico del CABIN ALTITUDE WARNING que no había funcionado durante las pruebas antes del vuelo, y
- la posible confusión en la ejecución de la lista de chequeo CABIN ALTITUDE WARNING or Rapid Depressurization por:
  - incluir una opción a tomar entre dos como parte de los memory ítems (item 5),
  - presentar la segunda opción (item 6) en una página distinta, y
  - contener una finalización de lista de chequeo y redirección a otra como parte de los memory items.



#### 4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Ninguna.

